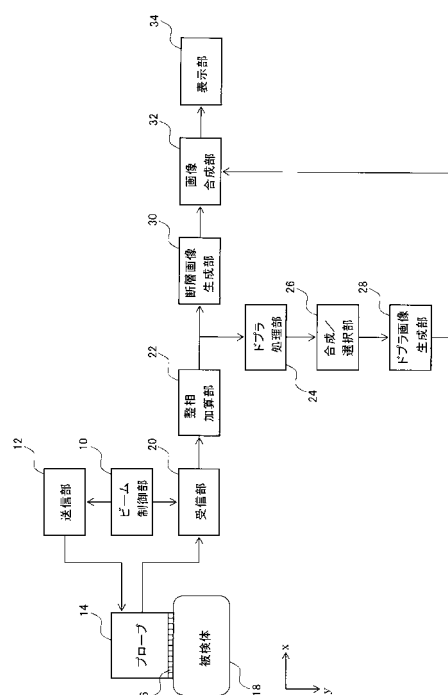




【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、

各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、

前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、

第 1 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値と、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値とを合成する合成部と、

を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の超音波診断装置において、

前記合成部は、

前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値を、前記第 1 送信ビームと前記第 1 受信ビームとの位置関係、および、前記第 2 送信ビームと前記第 2 受信ビームとの位置関係に応じた重み付けの下で重み付け合成することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

前記送信部が、1 つの送信ビームについて複数回にわたって超音波を送信し、

前記ドブラ処理部が、前記受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める、請求項 1 に記載の超音波診断装置において、

各受信ビームについて前記受信部で複数回にわたって受信された超音波について、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定部を備え、

前記合成部は、

前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値を、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のそれぞれについて求められたばらつき度に応じた重み付けの下で重み付け合成することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、

各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、

前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、

第 1 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値、または、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、各ドブラ測定値に対する評価条件に基づいて選択する選択部と、

を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の超音波診断装置において、

前記選択部は、

前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、前記第 1 送信ビームと前記第 1 受信ビームとの位置関係、および、前記第 2 送信ビームと前記第 2 受信ビ

10

20

30

40

50

ームとの位置関係に基づいて選択することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 6】

前記送信部が、1つの送信ビームについて複数回にわたって超音波を送信し、

前記ドブラ処理部が、前記受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める、請求項 4 に記載の超音波診断装置において、

各受信ビームについて前記受信部で複数回にわたって受信された超音波について、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定部を備え、

前記選択部は、

前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のそれぞれに対して求められたばらつき度に基づいて選択することを特徴とする超音波診断装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波診断装置に関し、特に、1つの送信ビームに対し、位置または方向が異なる複数の受信ビームを形成する超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ドブラ法によって被検体の血流速度を測定する超音波診断装置が広く用いられている。このような超音波診断装置には、1つの送信ビームについて超音波を送信し、位置または方向が異なる複数の受信ビームの各方向から受信された超音波に基づいてドブラ計測を行うマルチライン方式の超音波診断装置がある。

20

【0003】

特許文献 1 および 2 に記載されているマルチライン方式の超音波診断装置では、複数の平行な送信ビームについて超音波を送信する。各送信ビームに対しては、複数の平行な受信ビームによるアンサンプル（受信ビーム集合）が形成され、各受信ビームについて超音波が受信される。各アンサンプルの外側の受信ビームは、隣接するアンサンプルの外側の受信ビームと重なる。

30

【0004】

1つの送信ビームに対応して形成されたアンサンプルに属する受信ビームと、他の1つの送信ビームに対応して形成されたアンサンプルに属する受信ビームとが重なる場合には、重なる受信ビームについて得られた各受信データに基づいて、1つの受信ビーム方向に対するドブラ周波数または速度が求められる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特表 2010 - 511420 号公報

【特許文献 2】米国特許 8475380 号明細書

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に、ドブラ計測の精度は、送信ビームと受信ビームとの位置関係に依存する。1つの送信ビームに対して位置または方向が異なる複数の受信ビームを形成し、ドブラ計測を行う場合、受信ビームと送信ビームとの位置関係によっては、ドブラ周波数、速度等のドブラ測定値の精度が低下する場合がある。

【0007】

本発明は、ドブラ測定値の精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 8 】

本発明は、異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、第 1 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値と、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値とを合成する合成部と、を備えることを特徴とする。

10

【 0 0 0 9 】

本発明においては、第 1 送信ビームに対応する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値と、第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値とが合成される。これによって、2 つの受信ビーム集合に対して求められた各ドブラ測定値を用いて適切な測定値が求められる。本発明におけるドブラ測定値は、例えば、ドブラ周波数の測定値、速度測定値等である。

【 0 0 1 0 】

望ましくは、前記合成部は、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値を、前記第 1 送信ビームと前記第 1 受信ビームとの位置関係、および、前記第 2 送信ビームと前記第 2 受信ビームとの位置関係に応じた重み付けの下で重み付け合成する。

20

【 0 0 1 1 】

一般に、ドブラ測定値の精度は、送信ビームと受信ビームとの位置関係に依存する。例えば、送信ビームと受信ビームとの間の距離が小さい程、求められるドブラ測定値の精度が高くなる。また、例えば、送信ビームの方向と受信ビーム方向との差異が 180° に近い程、求められるドブラ測定値の精度が高くなる。本発明によれば、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値が、送信ビームと受信ビームとの位置関係に応じた重み付けの下で適切に重み付け合成される。

【 0 0 1 2 】

望ましくは、前記送信部は、1 つの送信ビームについて複数回にわたって超音波を送信し、前記ドブラ処理部は、前記受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める。また、各受信ビームについて前記受信部で複数回にわたって受信された超音波について、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定部を備え、前記合成部は、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値を、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のそれぞれについて求められたばらつき度に応じた重み付けの下で重み付け合成する。

30

【 0 0 1 3 】

本発明では、ドブラ処理部が、受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める。また、ばらつき決定部が、ばらつき度を各受信ビームについて求める。一般に、ばらつき度が小さい程、求められるドブラ測定値の精度が高い。本発明によれば、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値が、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度に応じた重み付けの下で適切に重み付け合成される。

40

【 0 0 1 4 】

また、本発明は、異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、第 1 送信ビー

50

ムに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値、または、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、各ドブラ測定値に対する評価条件に基づいて選択する選択部と、を備えることを特徴とする。

【0015】

本発明においては、第 1 送信ビームに対応する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値、または、第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値のうち一方が、各ドブラ測定値に対する評価条件に基づいて選択される。これによって、2 10

【0016】

望ましくは、前記選択部は、前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、前記第 1 送信ビームと前記第 1 受信ビームとの位置関係、および、前記第 2 送信ビームと前記第 2 受信ビームとの位置関係に基づいて選択する。

【0017】

一般に、ドブラ測定値の精度は、送信ビームと受信ビームとの位置関係に依存する。本発明によれば、前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のうち一方が、送信ビームと受信ビームとの位置関係に基づき適切に選択される。

【0018】

望ましくは、前記送信部は、1つの送信ビームについて複数回にわたって超音波を送信し、前記ドブラ処理部は、前記受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める。また、各受信ビームについて前記受信部で複数回にわたって受信された超音波について、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定部を備え、前記選択部が、前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のそれぞれに対して求められたばらつき度に基づいて選択する。

【0019】

本発明では、ドブラ処理部が、受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める。また、ばらつき決定部が、前記ばらつき度を各受信ビームについて求める。一般に、ばらつき度が小さい程、求められるドブラ測定値の精度が高い。本発明によれば、前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のうち一方が、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度に基づき適切に選択される。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、ドブラ測定値の精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図 1】本発明の実施形態に係る超音波診断装置の構成を示す図である。

【図 2】リニア走査を行った場合の送信ビームと受信ビームの位置関係の例を示す図である。

【図 3】ドブラ処理部の構成を示す図である。

【図 4】セクタ走査を行った場合の送信ビームと受信ビームの位置関係の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

図 1 には、本発明の実施形態に係る超音波診断装置の構成が示されている。超音波診断装置は、B モードおよびドブラモードによる各測定を時分割で実行する。超音波診断装置は、被検体 18 に対して超音波を送受信し、B モードにおいては被検体 18 から受信され

10

20

30

40

50

た超音波に基づいて断層画像を表示する。超音波診断装置は、ドプラモードにおいては、被検体から受信された超音波のドプラ周波数に基づき被検体 18 内の血流速度を測定し表示する。血流速度は、方向および大きさを有するベクトル量であり、矢印等の図形や、色および輝度の組み合わせ、または 2 つの成分値によって表示される。

【0023】

超音波診断装置の構成、および、超音波診断装置が実行する処理について説明する。プローブ 14 は被検体 18 の表面に接触した状態とされる。以下の説明では、被検体 18 の表面に沿った方向を x 軸方向とし、被検体 18 の深さ方向を y 軸正方向とする。プローブ 14 は、複数の振動素子 16 を備える。送信部 12 は、ビーム制御部 10 による制御に基づいてプローブ 14 の各振動素子 16 に送信信号を出力する。これによって、プローブ 14 から超音波が送信される。ビーム制御部 10 は送信部 12 に対する制御によって、プローブ 14 において送信ビームを形成し、送信ビームを被検体 18 に対して走査する。すなわち、送信部 12 は、ビーム制御部 10 の制御に従い各送信信号の遅延時間またはレベルを調整し、プローブ 14 において送信ビームを形成し、送信ビームを被検体 18 に対して走査する。本実施形態において、送信ビームは y 軸正方向に向けられ、x 軸方向にリニア走査される。

【0024】

被検体 18 内で反射した超音波がプローブ 14 の各振動素子 16 で受信されると、各振動素子 16 は、受信された超音波に応じた電気信号を受信部 20 に出力する。受信部 20 は、ビーム制御部 10 による制御に従い、各振動素子 16 から出力された受信信号に対し増幅、直交検波等の処理を施す。これによって、受信部 20 は、複数の振動素子 16 に対応する複数チャンネルの受信ベースバンド信号を生成し、各受信ベースバンド信号を整相加算のために一時的に記憶する。各受信ベースバンド信号は、同相成分 I および直交成分 Q を含む。I Q 平面におけるベクトル (I, Q) の位相角は受信信号の位相角を表し、ベクトル (I, Q) の位相角の単位時間当たりの変化量はドプラ周波数を表す。

【0025】

整相加算部 22 は、受信部 20 で生成された複数チャンネルの受信ベースバンド信号を整相加算して受信データを生成する。これによって、プローブ 14 において受信ビームが形成され、その受信ビームに沿って受信された超音波に基づく受信データが生成される。受信データは、受信ベースバンド信号と同様、同相成分および直交成分を含む。整相加算部 22 は、B モードでの動作時には受信データを断層画像生成部 30 に出力し、ドプラモードでの動作時には、受信データをドプラ処理部 24 に出力する。

【0026】

B モードでの動作について説明する。整相加算部 22 は、受信部 20 で生成された複数チャンネルの受信ベースバンド信号を整相加算して、走査される送信ビーム方向と同一方向の受信ビームに沿って受信された超音波に基づく受信データを生成し、断層画像生成部 30 に出力する。これによって、整相加算部 22 は、被検体 18 内で走査される受信ビームの各方向から受信された超音波に基づく各受信データを生成し、断層画像生成部 30 に出力する。断層画像生成部 30 は、各受信ビーム方向に対して得られた受信データに基づいて断層画像データを生成し、画像合成部 32 に出力する。送信ビームおよび受信ビームの 1 回の走査に基づく 1 つの断層画像データは 1 フレーム分の画像データであり、1 枚の断層画像に対応する。ビーム制御部 10、送信部 12、プローブ 14、受信部 20、整相加算部 22 および断層画像生成部 30 は、送信ビームおよび受信ビームの繰り返し走査と共に断層画像データを次々と生成し、各断層画像データを画像合成部 32 に出力する。時系列順に生成された複数の断層画像データは、動画データ構成する。

【0027】

次に、ドプラモードでの動作について説明する。ドプラモードでは、1 つの送信ビーム方向について、繰り返し時間間隔 T で複数 N 回にわたって超音波パルスが送信される。受信部 20 は、被検体 18 内で反射し受信された各超音波パルスに応じた受信ベースバンド信号を生成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

整相加算部 2 2 は、1 回の超音波パルスの送信に対し、複数の受信ビームを形成する処理を実行する。すなわち、整相加算部 2 2 は、受信部 2 0 で生成された複数チャネルの受信ベースバンド信号を整相加算して、送信ビームの方向と同一の方向を有し、平行に配列された複数の受信ビームを形成し、各受信ビームに沿って受信された超音波に基づく各受信データを生成する。整相加算部 2 2 は、各受信データをドブラ処理部 2 4 に出力する。

【 0 0 2 9 】

図 2 には、送信ビームと受信ビームの位置関係の例が示されている。この図に示されているように、送信ビーム T_0 、 T_1 および T_2 は、深さ方向 (y 軸正方向) に向けて形成されている。図 2 (a) の例では、深さが $y = y_0$ の位置に送信ビーム T_0 を中心として、 y 軸負方向に向けられ等間隔に並ぶ 8 通りの受信ビーム $R_0 \sim R_7$ が形成されている。

10

【 0 0 3 0 】

整相加算部 2 2 は、 N 回にわたって送受信された超音波パルスのそれぞれについて、複数の受信ビームのそれぞれに沿って受信された超音波に基づく各受信データを生成する。

【 0 0 3 1 】

M 通りの受信ビームが形成される場合には、 M 通りの受信ビームのそれぞれについて N 個の受信データが生成され、 $M \cdot N$ 個の受信データが整相加算部 2 2 からドブラ処理部 2 4 に出力される。図 2 (a) の例では、 $M = 8$ であり、受信ビーム $R_0 \sim R_7$ が形成され、 $8 \cdot N$ 個の受信データが整相加算部 2 2 からドブラ処理部 2 4 に出力される。

【 0 0 3 2 】

上述のように、送信ビームは x 軸方向にリニア走査される。整相加算部 2 2 は、 x 軸方向にリニア走査された送信ビームの各位置に対し、 M 通りの受信ビームのそれぞれについて N 個の受信データを生成し、ドブラ処理部 2 4 に出力する。

20

【 0 0 3 3 】

図 2 (b) の例では、送信ビームが x 軸正方向に走査され、送信ビーム T_0 よりも右側の位置に送信ビーム T_1 が形成され、深さが $y = y_0$ の位置に送信ビーム T_1 を中心として、 y 軸負方向に向けられ等間隔に並ぶ 8 通りの受信ビーム $Q_0 \sim Q_7$ が形成されている。整相加算部 2 2 は、図 2 (a) に示されている受信ビーム $R_0 \sim R_7$ に対する処理と同様の処理によって、 N 回にわたって送受信された超音波パルスのそれぞれについて、受信ビーム $Q_0 \sim Q_7$ のそれぞれに沿って受信された超音波に基づく各受信データを生成し、各受信データをドブラ処理部 2 4 に出力する。

30

【 0 0 3 4 】

図 2 (c) の例では、送信ビームが x 軸正方向に走査され、送信ビーム T_1 よりも右側の位置に送信ビーム T_2 が形成され、深さが $y = y_0$ の位置に送信ビーム T_2 を中心として、 y 軸負方向に向けられ等間隔に並ぶ 8 通りの受信ビーム $P_0 \sim P_7$ が形成されている。整相加算部 2 2 は、図 2 (a) に示されている受信ビーム $R_0 \sim R_7$ に対する処理と同様の処理によって、 N 回にわたって送受信された超音波パルスのそれぞれについて、受信ビーム $P_0 \sim P_7$ のそれぞれに沿って受信された超音波に基づく各受信データを生成し、各受信データをドブラ処理部 2 4 に出力する。

【 0 0 3 5 】

図 3 には、ドブラ処理部 2 4 の構成が示されている。ドブラ処理部 2 4 は、MTI フィルタ処理部 3 6、自己相関処理部 3 8、および速度算出部 4 0 を備え、1 つの受信ビームに対して得られた N 個の受信データに対し次のようなドブラ演算処理を実行し、速度測定値を求める。なお、MTI は、Moving Target Indication を省略したものである。

40

【 0 0 3 6 】

MTI フィルタ処理部 3 6 は、受信データが示すドブラ周波数成分のうち、所定のカットオフ周波数以下の成分を低減または除去する。受信データは、同相成分および直交成分を含み、各成分はドブラ周波数成分を含む。そこで、MTI フィルタ処理部 3 6 は、受信データに含まれる同相成分および直交成分のそれぞれに対し、カットオフ周波数以下のドブラ周波数成分を低減または除去する処理を施す。

50

【 0 0 3 7 】

自己相関処理部 3 8 は、N 個の受信データに対して自己相関処理を施す。繰り返し時間間隔 T で送信された N 個の超音波パルスのうちの k 番目 (k = 1 ~ N) の超音波パルスに対する受信データは、次の (数 1) で表される。

【 0 0 3 8 】

【 数 1 】

$$z(y, k) = I(y, k) + j \cdot Q(y, k)$$

【 0 0 3 9 】

y は深さ方向の座標値である。I (y , k) は同相成分を示し、Q (y , k) は直交成分を示す。j は虚数単位である。自己相関処理部 3 8 は、(数 2) に従い、N 個の受信データ z (y , 1)、z (y , 2)、・ ・ ・ ・ ・ z (y , N) に対する自己相関値 S (y) を求め、速度算出部 4 0 に出力する。

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

$$S(y) = \sum_{k=1}^{N-1} z(y, k) \cdot z(y, k+1)^*$$

【 0 0 4 1 】

ここで、上付きの「 * 」は共役複素数であることを示す。速度算出部 4 0 は、自己相関処理部 3 8 によって求められた自己相関値 S (y) の実数部 Re [S (y)] および虚数部を Im [S (y)] を用いて、(数 3) に従って速度測定値 v (y) を求め、合成 / 選択部 2 6 に出力する。

【 0 0 4 2 】

【 数 3 】

$$v(y) = \frac{c}{2f_0} \cdot \frac{1}{2\pi T} \arctan \left[\frac{Im[S(y)]}{Re[S(y)]} \right]$$

【 0 0 4 3 】

c は、被検体 1 8 内を伝搬する超音波の伝搬速度である、f₀ は、プローブ 1 4 で送受信される超音波の周波数である。(数 3) の右辺のうち c / (2 f₀) よりも右側の部分は、ドブラ周波数を表す。速度測定値 v (y) は、深さ y における血流速度の y 軸方向成分を表す。血流の方向が y 軸に対してなす角度 φ が既知である場合には、v (y) / cos φ が血流速度である。

【 0 0 4 4 】

血流速度分布の測定を行う場合等、血流速度の絶対的な値 (例えば、M K S A 単位系での値) を求める必要がない場合、速度測定値は、(数 3) で求められる値に任意の定数を乗じた値としてもよい。また、速度測定値に代えて、(数 3) の右辺のうち c / (2 f₀) よりも右側の部分であるドブラ周波数測定値が用いられてもよい。

【 0 0 4 5 】

このような処理によって、ドブラ処理部 2 4 は、1 つの送信ビームに対して形成された M 通りの受信ビームのそれぞれについて速度測定値を求め、各受信ビームに対して求められた速度測定値を合成 / 選択部 2 6 に出力する。さらに、ドブラ処理部 2 4 は、x 軸方向にリニア走査された送信ビームの各位置に対し、M 通りの受信ビームのそれぞれについて速度測定値を求め、合成 / 選択部 2 6 に出力する。

【 0 0 4 6 】

合成 / 選択部 2 6 は、隣接する 2 つの送信ビームのうち的一方について形成された M 通りの受信ビームのうちいずれかと、他方について形成された M 通りの受信ビームのうちいずれかが重なる場合に、重なる受信ビームのそれぞれについて求められた速度測定値を合成する。

【 0 0 4 7 】

合成 / 選択部 2 6 が実行する合成処理について図 2 を参照して説明する。図 2 (a) および (b) に示されているように、送信ビーム T 0 を中心として形成された受信ビーム R 0 ~ R 7 のうち受信ビーム R 5 ~ R 7 は、それぞれ、送信ビーム T 1 を中心として形成された受信ビーム Q 0 ~ Q 7 のうちの受信ビーム Q 0 ~ Q 2 と同一の位置に形成されている。また、図 2 (b) および (c) に示されているように、送信ビーム T 1 を中心として形成された受信ビーム Q 0 ~ Q 7 のうち受信ビーム Q 5 ~ Q 7 は、それぞれ、送信ビーム T 2 を中心として形成された受信ビーム P 0 ~ P 7 のうちの受信ビーム P 0 ~ P 2 と同一の位置に形成されている。

【 0 0 4 8 】

合成 / 選択部 2 6 は、受信ビーム R 0 ~ R 7、受信ビーム Q 3 ~ Q 7、および受信ビーム P 3 ~ P 7 の深さ $y = y_0$ における x 軸方向のそれぞれの位置について、速度測定値の合成値である合成測定値を求める。すなわち、合成 / 選択部 2 6 は、受信ビーム R 0 ~ R 7、受信ビーム Q 3 ~ Q 7、および受信ビーム P 3 ~ P 7 の 1 8 通りの観測対象の受信ビームに対し、それぞれ、左から順に合成測定値 $v_0 \sim v_{17}$ を求める。図 2 (d) には、x 軸方向の位置と求められる合成測定値 $v_0 \sim v_{17}$ との関係が示されている。

【 0 0 4 9 】

初めに合成 / 選択部 2 6 は、受信ビーム R 0 ~ R 4 に対する合成測定値 $v_0 \sim v_4$ を、それぞれ、ドブラ処理部 2 4 から出力された速度測定値と同一の値に決定する。次に、合成 / 選択部 2 6 は、観測対象の受信ビーム R 5 ~ R 7 に対する合成測定値 $v_5 \sim v_7$ を、(数 4) に従って求める。

【 0 0 5 0 】

【 数 4 】

$$\begin{cases} v_5 = w_5 \cdot v(R_5) + (1 - w_5) \cdot v(Q_0) \\ v_6 = w_6 \cdot v(R_6) + (1 - w_6) \cdot v(Q_1) \\ v_7 = w_7 \cdot v(R_7) + (1 - w_7) \cdot v(Q_2) \end{cases}$$

【 0 0 5 1 】

ここで、 $v(R_5) \sim v(R_7)$ は、それぞれ、受信ビーム R 5 ~ R 7 に対し $y = y_0$ の深さについて、(数 3) に従って求められた速度測定値である。また、 $v(Q_0) \sim v(Q_2)$ は、それぞれ、受信ビーム Q 0 ~ Q 2 に対し $y = y_0$ の深さについて、(数 3) に従って求められた速度測定値である。 $w_5 \sim w_7$ は、それぞれ、受信ビーム R 5 ~ R 7 に対して決定された重み付け係数である。重み付け係数 w は、観測対象の受信ビームと、その受信ビームに対応する送信ビームとの間の観測側送受距離、および合成対象の受信ビームと、その受信ビームに対応する送信ビームとの間の合成側送受距離の大小関係に応じて決定される。例えば、観測側送受距離が合成側送受距離よりも大きい場合には、 $0 < w < 0.5$ の範囲で重み付け係数 w が決定される。また、観測側送受距離が合成側送受距離よりも小さい場合には、 $0.5 < w < 1$ の範囲で重み付け係数 w が決定される。さらに、観測側送受距離と合成側送受距離とが等しい場合には、 $w = 0.5$ とされる。

【 0 0 5 2 】

図 2 (a) および (b) に示される例では、受信ビーム間の距離を D とした場合、受信ビーム R 5 と送信ビーム T 0 との間の距離は $1.5 D$ である。一方、受信ビーム Q 0 と送信ビーム T 1 との間の距離は $3.5 D$ である。したがって、観測側送受距離が合成側送受

距離よりも小さいため、重み付け係数 w_5 は、 $0.5 < w_5 < 1$ の範囲で決定される。また、受信ビーム R_6 と送信ビーム T_0 との間の距離は $2.5D$ である。そして、受信ビーム Q_1 と送信ビーム T_1 との間の距離も $2.5D$ である。したがって、観測側送受距離と合成側送受距離は等しいため、重み付け係数 w_6 は 0.5 とされる。さらに、受信ビーム R_7 と送信ビーム T_0 との間の距離は $3.5D$ である。一方、受信ビーム Q_2 と送信ビーム T_1 との間の距離は $1.5D$ である。したがって、観測側送受距離が合成側送受距離よりも大きいため、重み付け係数 w_7 は、 $0 < w_7 < 0.5$ の範囲で決定される。

【0053】

次に、合成／選択部 26 は、受信ビーム Q_3 および Q_4 に対する合成測定値 v_8 および v_9 を、それぞれ、ドブラ処理部 24 から出力された速度測定値と同一の値に決定する。合成／選択部 26 は、観測対象の受信ビーム $Q_5 \sim Q_7$ に対する合成測定値 $v_{10} \sim v_{12}$ を、(数 5) に従って求める。

【0054】

【数 5】

$$\begin{cases} v_{10} = w_{10} \cdot v(Q_5) + (1 - w_{10}) \cdot v(P_0) \\ v_{11} = w_{11} \cdot v(Q_6) + (1 - w_{11}) \cdot v(P_1) \\ v_{12} = w_{12} \cdot v(Q_7) + (1 - w_{12}) \cdot v(P_2) \end{cases}$$

【0055】

ここで、 $v(Q_5) \sim v(Q_7)$ は、それぞれ、受信ビーム $Q_5 \sim Q_7$ について $y = y_0$ の深さについて、(数 3) に従って求められた速度測定値である。また、 $v(P_0) \sim v(P_2)$ は、それぞれ、受信ビーム $P_0 \sim P_2$ について $y = y_0$ の深さについて、(数 3) に従って求められた速度測定値である。 $w_{10} \sim w_{12}$ は、それぞれ、受信ビーム $Q_5 \sim Q_7$ に対して決定された重み付け係数である。各重み付け係数は、(数 5) と同様、観測側送受距離と合成側送受距離との大小関係に基づいて決定される。

【0056】

例えば、図 2 (b) および (c) に示される例では、受信ビーム間の距離を D とした場合、受信ビーム Q_5 と送信ビーム T_1 との間の距離は $1.5D$ である。一方、受信ビーム P_0 と送信ビーム T_2 との間の距離は $3.5D$ である。したがって、観測側送受距離が合成側送受距離よりも小さいため、重み付け係数 w_{10} は、 $0.5 < w_{10} < 1$ の範囲で決定される。また、受信ビーム Q_6 と送信ビーム T_1 との間の距離は $2.5D$ である。そして、受信ビーム P_1 と送信ビーム T_2 との間の距離も $2.5D$ である。したがって、観測側送受距離と合成側送受距離は等しいため、重み付け係数 w_{11} は 0.5 とされる。さらに、受信ビーム Q_7 と送信ビーム T_1 との間の距離は $3.5D$ である。一方、受信ビーム P_2 と送信ビーム T_2 との間の距離は $1.5D$ である。したがって、観測側送受距離が合成側送受距離よりも大きいため、重み付け係数 w_{12} は、 $0 < w_{12} < 0.5$ の範囲で決定される。

【0057】

最後に、合成／選択部 26 は、受信ビーム $P_3 \sim P_7$ に対する合成測定値 $v_{13} \sim v_{17}$ を、それぞれ、ドブラ処理部 24 から出力された速度測定値と同一の値に決定する。

【0058】

このように合成／選択部 26 は、観測対象の送信ビーム (第 1 送信ビーム) に対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、他の送信ビーム (第 2 送信ビーム) に対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが重なる場合に、第 1 受信ビームに対して求められたドブラ測定値としての速度測定値と、第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値としての速度測定値とを合成し、当該観測対象の送信ビームに対する測定値を求める。

【0059】

合成／選択部 26 は、y 軸方向の各位置（各深さ）および x 軸方向の各位置について求められた合成測定値を、その x y 座標値に対応付けた速度測定値データを生成し、ドブラ画像生成部 28 に出力する。

【0060】

ドブラ画像生成部 28 は、速度測定値データについて、x y 座標値を表示画面の座標値に変換したドブラ画像データを生成する。ドブラ画像生成部 28 は、ドブラ画像データに対し、表示画面方向への画素値の変化を平滑化する空間フィルタ処理を施してもよい。ドブラ画像データが表すドブラ画像は、例えば、各画素の色が、合成測定値の極性に基づいて決定されたカラードブラ画像とする。また、ドブラ画像は、各画素の輝度が、合成測定値の大きさに基づいて決定された画像であってもよい。ドブラ画像生成部 28 は、ドブラ画像データを画像合成部 32 に出力する。

10

【0061】

ドブラ画像生成部 28 は、色彩の他、塗りつぶし模様で速度測定値を表すドブラ画像データを生成してもよい。また、ドブラ画像生成部 28 は、速度測定値を数値、グラフ等で表す数値画像データを生成してもよい。

【0062】

ビーム制御部 10、送信部 12、プローブ 14、受信部 20、整相加算部 22、ドブラ処理部 24、合成／選択部 26 およびドブラ画像生成部 28 は、送信ビームおよび各受信ビームの繰り返し走査と共にドブラ画像データを次々と生成し、各ドブラ画像データを画像合成部 32 に出力する。時系列順に生成された複数のドブラ画像データは、動画画像データを構成する。

20

【0063】

画像合成部 32 は、断層画像生成部 30 から出力された断層画像データ、および、ドブラ画像生成部 28 から出力されたドブラ画像データに基づいて、断層画像にドブラ画像を重ねた画像を示す断層・ドブラ画像データを生成し、表示部 34 に出力する。表示部 34 は、ドブラ・弾性画像データに基づく画像を表示する。また、画像合成部 32 は、断層画像生成部 30 から時系列順に複数の断層画像データが出力され、ドブラ画像生成部 28 から時系列順に複数のドブラ画像データが出力される場合には、各画像データに基づいて時系列順に断層・ドブラ画像データを生成し、時系列順に生成された断層・ドブラ画像データに基づく動画画像を表示部 34 に表示する。

30

【0064】

画像合成部 32 は、ドブラ画像生成部 28 から数値画像データが出力された場合には、数値画像データに基づいて、速度測定値を表す数値、グラフ等を表示部 34 に表示してもよい。

【0065】

このような処理によれば、各送信ビームに対して形成された複数の受信ビームのそれぞれに対して速度測定値が求められる。隣接する送信ビームの一方について形成される複数の受信ビームのうち、他方について形成される複数の受信ビームのいずれかと重なるものがある場合には、重なる受信ビームに対する各速度測定値が重み付け合成され、合成測定値が求められる。これによって、ドブラ画像データに基づき表示部 34 に表示される画像が画面方向で不連続になることが抑制される。例えば、カラードブラ画像については、1つの受信ビーム集合による画像領域と、他の1つの受信ビーム集合による画像領域との境界に黒抜け等の不連続な領域が生じることが抑制される。また、2つの受信ビームに対する各速度測定値を重み付け合成する際には、送信ビームからの距離が短い方の重み付け係数が大きくされる。一般に、受信ビームと、その受信ビームに対応する送信ビームとの間の距離が短い程、その受信ビームに従って受信された超音波に基づく測定値の精度は高くなる。したがって、このような重み付け合成によれば、合成測定値の精度が向上する。

40

【0066】

なお、上記では、合成／選択部 26 が、2つのビームが重なる場合に各速度測定値を重み付け合成する処理について説明した。このような処理の他、重なる2つの受信ビームに

50

ついて求められた2つの速度測定値のうち一方を、所定の評価条件に基づいて選択する処理を実行してもよい。評価条件を表す値としては、例えば、速度測定値を求める元となった複数の受信データに対するばらつき度が用いられる。すなわち、N回にわたって送受信された超音波パルスに基づき得られたN個の受信データに対する分散、標準偏差等のばらつき度合を表す統計値が用いられる。

【0067】

この場合、図3の速度算出部40は、速度測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定部として動作する。すなわち、速度算出部40は、(数2)の右辺において加算合計される $z(y, k) \cdot z(y, k+1)^*$ の実数部および虚数部を用いて、(数6)に従って、 $k = 1 \sim N - 1$ のそれぞれについて、隣接時間ドプラ周波数 $f_a(y, k)$ を求める。

10

【0068】

【数6】

$$f_a(y, k) = \frac{1}{2\pi T} \arctan \left[\frac{\text{Im}[z(y, k) \cdot z(y, k+1)^*]}{\text{Re}[z(y, k) \cdot z(y, k+1)^*]} \right]$$

【0069】

速度算出部40は、 $N - 1$ 個の隣接時間ドプラ周波数 $f_a(y, 1)$ 、 $f_a(y, 2)$ 、 $\dots$ 、 $f_a(y, N - 1)$ に対してばらつき度を求め、合成/選択部26に出力する。ばらつき度は、 $N - 1$ 個の隣接時間ドプラ周波数についての分散、標準偏差等によって定義される。

20

【0070】

合成/選択部26は、第1送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第1受信ビームと、第2送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第2受信ビームとが重なる場合に、第1受信ビームに対して求められた速度測定値、または、第2受信ビームに対して求められた速度測定値のいずれか一方を、各速度測定値に対する評価条件に基づいて選択する選択部として動作する。

【0071】

初めに合成/選択部26は、受信ビーム $R_0 \sim R_4$ に対する選択測定値 $v_0 \sim v_4$ を、それぞれ、ドプラ処理部24から出力された速度測定値と同一の値に決定する。

30

【0072】

合成/選択部26は、受信ビーム R_5 について $y = y_0$ の深さについて、(数3)に基づいて求められた速度測定値 $v(R_5)$ と、受信ビーム Q_0 について $y = y_0$ の深さについて、(数3)に基づいて求められた速度測定値 $v(Q_0)$ のうち、ばらつき度の小さい方を選択し、選択測定値 v_5 として決定する。合成/選択部26は、同様に、受信ビーム R_6 について求められた速度測定値 $v(R_6)$ と、受信ビーム Q_1 について求められた速度測定値 $v(Q_1)$ のうち、ばらつき度の小さい方を選択し、選択測定値 v_6 として決定する。合成/選択部26は、同様に、受信ビーム R_7 について求められた速度測定値 $v(R_7)$ と、受信ビーム Q_2 について求められた速度測定値 $v(Q_2)$ のうち、ばらつき度の小さい方を選択し、選択測定値 v_7 として決定する。

40

【0073】

この処理は、(数4)において、観測対象の受信ビーム(第1受信ビーム)に対して求められたばらつき度が、合成対象の受信ビーム(第2受信ビーム)に対して求められたばらつき度よりも小さい場合に、観測対象の受信ビームに対する重み付け係数を1とする処理に相当する。また、観測対象の受信ビームに対して求められたばらつき度が、合成対象の受信ビームに対して求められたばらつき度よりも大きい場合に、観測対象の受信ビームに対する重み付け係数を0とする処理に相当する。例えば、受信ビーム R_5 に対するばらつき度が、受信ビーム Q_0 に対するばらつき度よりも小さい場合には、重み付け係数 w_5

50

は 1 である。また、受信ビーム R 5 に対するばらつき度が、受信ビーム Q 0 に対するばらつき度よりも大きい場合には、重み付け係数 w_5 は 0 である。

【0074】

合成 / 選択部 26 は、同様に、受信ビーム Q 5 について求められた速度測定値 $v(Q_5)$ と、受信ビーム P 0 について求められた速度測定値 $v(P_0)$ のうち、ばらつき度の小さい方を選択し、選択測定値 v_{10} として決定する。また、合成 / 選択部 26 は、受信ビーム Q 6 について求められた速度測定値 $v(Q_6)$ と、受信ビーム P 1 について求められた速度測定値 $v(P_1)$ のうち、ばらつき度の小さい方を選択し、選択測定値 v_{11} として決定する。さらに、合成 / 選択部 26 は、受信ビーム Q 7 について求められた速度測定値 $v(Q_7)$ と、受信ビーム P 2 について求められた速度測定値 $v(P_2)$ のうち、ばらつき度の小さい方を選択し、選択測定値 v_{12} として決定する。最後に、合成 / 選択部 26 は、受信ビーム P 3 ~ P 7 に対する選択測定値 $v_{13} \sim v_{17}$ を、それぞれ、ドブラ処理部 24 から出力された速度測定値と同一の値に決定する。

10

【0075】

合成 / 選択部 26 は、y 軸方向の各位置（各深さ）および x 軸方向の各位置について求められた選択測定値を、その x y 座標値に対応付けた速度測定値データを生成し、ドブラ画像生成部 28 に出力する。

【0076】

このような処理によれば、重なる 2 つの受信ビームについて求められた 2 つの速度測定値のうち、ばらつき度が小さい一方が選択され、選択された速度測定値が 2 つの受信ビームに対する選択測定値とされる。ばらつき度は、N 回にわたって送受信された超音波パルスに基づく測定値のばらつき度合を示し、ばらつき度が小さい程、速度測定値の精度が高い場合が多い。したがって、重なる 2 つの受信ビームについて求められた 2 つの速度測定値のうち測定精度が高い方が選択測定値として選択される可能性が高くなる。

20

【0077】

なお、重なる 2 つの受信ビームについて求められた 2 つの速度測定値のうち一方を、観測側送受距離および合成側送受距離に基づいて選択する処理を実行してもよい。この場合、観測側送受距離の方が合成側送受距離よりも小さい場合には、観測対象の受信ビームに対して求められた速度測定値を選択し、観測側送受距離の方が合成側送受距離よりも大きい場合には、合成対象の受信ビームに対して求められた速度測定値を選択する。観測側送受距離と合成側送受距離とが等しい場合には、2 つの速度測定値のうち任意の一方を選択する。

30

【0078】

また、上記では、2 つの受信ビームが重なる場合に、重なる 2 つの受信ビームに対して合成測定値または選択測定値を求める処理について説明した。このような場合の他、2 つの受信ビームが予め定められたその他の位置関係にある場合に、2 つの受信ビームに対して合成測定値または選択測定値を求める処理を実行してもよい。例えば、2 つの受信ビームが、ある深さにおいて所定の距離範囲内にある場合、例えば、 $y = y_0$ の深さにおいて x 軸上での距離が閾値 δ 以下である場合に、2 つの受信ビームに対して合成測定値または選択測定値を求める処理を実行してもよい。

40

【0079】

送信ビームはセクタ走査してもよい。セクタ走査は、プローブに定められた基準点を中心に送信ビームを揺動させる走査をいう。図 4 にはセクタ走査を行った場合の送信ビームと受信ビームの位置関係の例が示されている。図 4 では深さ方向に r 軸正方向が定められ、送信ビームが揺動する角度方向に θ 軸が定められている。図 4 (a) ~ (c) は、説明の便宜上、上下方向に並べて描かれているが、時間を異にして同じ深さで形成される送信ビームおよび受信ビームを示す。

【0080】

図 4 (a) には、深さが $r = r_0$ の位置に送信ビーム T 0 を中心として、r 軸方向に向けられ等角度間隔で並ぶ 8 通りの受信ビーム R 0 ~ R 7 が形成された様子が示されている

50

。図4(b)には、送信ビームが θ 軸正方向に走査され、送信ビームT0の方向とは異なる方向に送信ビームT1が形成された様子が示されている。深さが $r = r_0$ の位置に送信ビームT1を中心として、 r 軸方向に向けられ等角度間隔に並ぶ8通りの受信ビームQ0~Q7が形成されている。図4(c)には、送信ビームが θ 軸正方向に走査され、送信ビームT1の位置とは異なる方向に送信ビームT2が形成された様子が示されている。深さが $r = r_0$ の位置に送信ビームT2を中心として、 r 軸方向に向けられ等角度間隔に並ぶ8通りの受信ビームP0~P7が形成されている。

【0081】

図1の整相加算部22は、1つの送信ビームにつきN回に亘って送受信された超音波パルスのそれぞれについて、各受信ビームに沿って受信された超音波に基づく各受信データを生成し、各受信データをドブラ処理部24に出力する。

10

【0082】

ドブラ処理部24は、各受信ビームに対して速度測定値を求め合成/選択部26に出力する。合成/選択部26は、隣接する2つの送信ビームのうち的一方について形成されたM通りの受信ビームのうちいずれかと、他方について形成されたM通りの受信ビームのうちいずれかが重なる場合に、重なる受信ビームのそれぞれについて求められた各速度測定値を合成する。

【0083】

図4(a)および(b)に示されているように、送信ビームT0を中心として形成された受信ビームR0~R7のうち受信ビームR5~R7は、それぞれ、送信ビームT1を中心として形成された受信ビームQ0~Q7のうちの受信ビームQ0~Q2と同一の位置に形成されている。また、図4(b)および(c)に示されているように、送信ビームT1を中心として形成された受信ビームQ0~Q7のうちの受信ビームQ5~Q7は、それぞれ、送信ビームT2を中心として形成された受信ビームP0~P7のうちの受信ビームP0~P2と同一の位置に形成されている。

20

【0084】

合成/選択部26は、受信ビームR0~R7、受信ビームQ3~Q7、および受信ビームP3~P7の深さ $r = r_0$ における θ 軸方向の各方向について、(数3)に従って求められた各速度測定値を用いて合成測定値を求める。すなわち、合成/選択部26は、受信ビームR0~R7、受信ビームQ3~Q7、および受信ビームP3~P7の18通りの観測対象の受信ビームに対し、それぞれ、左から順に合成測定値 $v_0 \sim v_{17}$ を求める。

30

【0085】

初めに、合成/選択部26は、受信ビームR0~R4に対する合成測定値 $v_0 \sim v_4$ を、それぞれ、ドブラ処理部24から出力された速度測定値と同一の値に決定する。合成/選択部26は、観測対象の受信ビームR5~R7に対する合成測定値 $v_5 \sim v_7$ を、(数4)に従って求める。

【0086】

また、合成/選択部26は、受信ビームQ3およびQ4に対する合成測定値 v_8 および v_9 を、それぞれ、ドブラ処理部24から出力された速度測定値と同一の値に決定する。合成/選択部26は、観測対象の受信ビームQ5~Q7に対する合成測定値 $v_{10} \sim v_{12}$ を、(数5)に従って求める。

40

【0087】

さらに、合成/選択部26は、受信ビームP3~P7に対する合成測定値 $v_{13} \sim v_{17}$ を、それぞれ、ドブラ処理部24から出力された速度測定値と同一の値に決定する。

【0088】

合成/選択部26は、 r 軸方向の各位置(各深さ)および θ 軸方向の各位置について求められた合成測定値を、その $r\theta$ 座標値に対応付けた速度測定値データを生成し、ドブラ画像生成部28に出力する。ドブラ画像生成部28は、速度測定値データについて、 $r\theta$ 座標値を表示画面の座標値に変換したドブラ画像データを生成する。

【0089】

50

なお、セクタ走査をする場合についても、重なる２つの受信ビームについて求められた２つの速度測定値のうち一方を、各受信データに対するばらつき度や、観測側送受距離および合成側送受距離等の評価値に基づいて選択する処理を実行してもよい。また、２つの受信ビームが重なる場合に各速度測定値を合成する処理、または、各速度測定値からいずれかを選択する処理（以下、合成／選択処理とする。）を実行する他、２つの受信ビームが予め定められたその他の位置関係にある場合に、合成／選択処理を実行してもよい。例えば、２つの受信ビームが、一定の深さにおいて所定の距離範囲内にある場合に、合成／選択処理を実行してもよい。この場合、例えば、 $r = r_0$ の深さにおいて θ 軸上での距離が閾値 δ 以下である場合に、合成／選択処理を実行する。

【００９０】

また、リニア走査およびセクタ走査のいずれの場合についても、２つの受信ビームが重なる場合に各速度測定値を合成する処理については、観測側送受距離および合成側送受距離に基づいて重み付け係数を決定する他、ばらつき度に応じて重み付け係数を決定してもよい。例えば、観測対象の受信ビームに対する重み付け係数 w は、観測対象の受信ビームについて求められたばらつき度が、合成対象の受信ビームに対するばらつき度よりも大きい場合には、 $0 < w < 0.5$ の範囲で重み付け係数 w が決定される。また、観測対象の受信ビームについて求められたばらつき度が、合成対象の受信ビームに対するばらつき度よりも小さい場合には、 $0.5 < w < 1$ の範囲で重み付け係数 w が決定される。さらに、観測対象の受信ビームについて求められたばらつき度と、合成対象の受信ビームに対するばらつき度とが等しい場合には、 $w = 0.5$ とされる。

【００９１】

また、上記では、３つの受信ビーム集合について合成／選択処理を実行する場合に説明した。すなわち、１つの受信ビーム集合の右端側の受信ビームと、その右隣の受信ビーム集合の左端側の受信ビームについて合成／選択処理を実行する場合について説明した。受信ビーム集合は４つ以上であってもよい。この場合も同様に、１つの受信ビーム集合の右端側の受信ビームと、右隣の受信ビーム集合の左端側の受信ビームについて合成／選択処理が実行されるように、左側から順に合成／選択処理を実行していけばよい。あるいは、１つの受信ビーム集合の左端側の受信ビームと、左隣の受信ビーム集合の右端側の受信ビームについて合成／選択処理が実行されるように、右側から順に合成／選択処理を実行していけばよい。

【符号の説明】

【００９２】

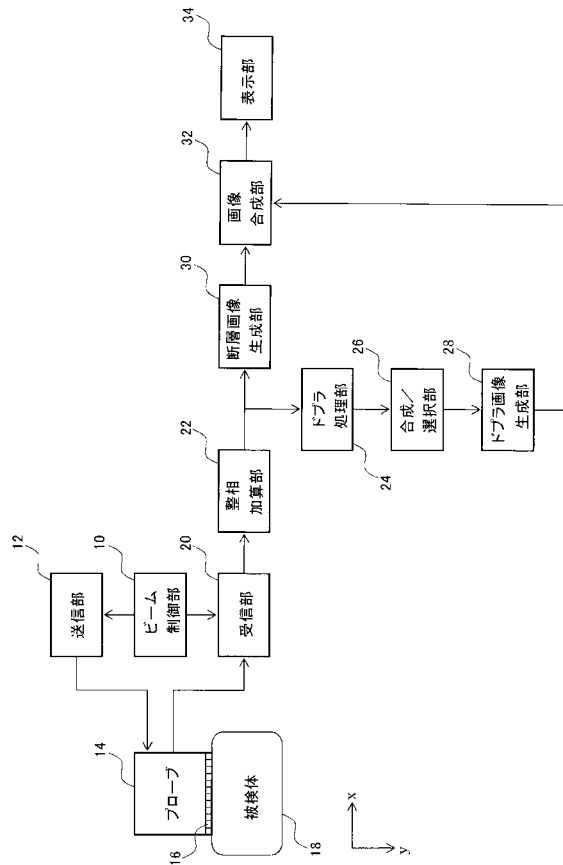
１０ ビーム制御部、１２ 送信部、１４ プローブ、１６ 振動素子、１８ 被検体、２０ 受信部、２２ 整相加算部、２４ ドブラ処理部、２６ 合成／選択部、２８ ドブラ画像生成部、３０ 断層画像生成部、３２ 画像合成部、３４ 表示部、３６ M T Iフィルタ処理部、３８ 自己相関処理部、４０ 速度算出部、 $T_0 \sim T_2$ 送信ビーム、 $R_0 \sim R_7$ 、 $Q_0 \sim Q_7$ 、 $P_0 \sim P_7$ 受信ビーム。

10

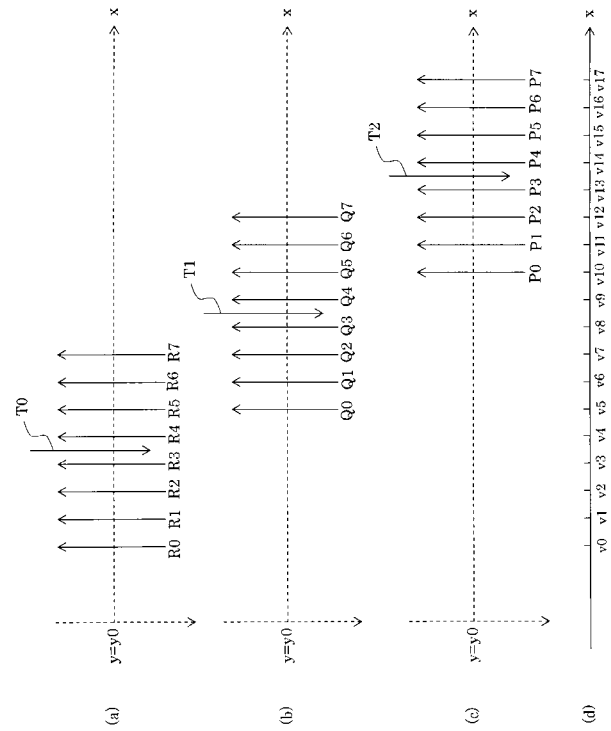
20

30

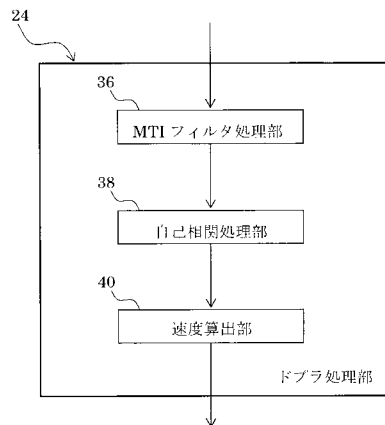
【図 1】



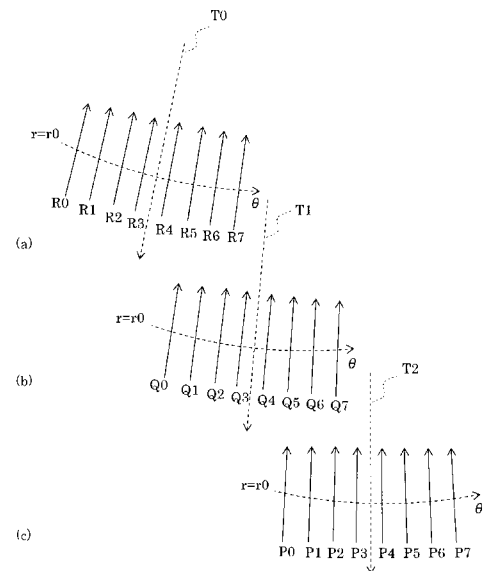
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【手続補正書】

【提出日】平成28年1月6日(2016.1.6)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、

各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、

前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、

第 1 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値と、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値とを合成する合成部と、

を備え、

前記合成部は、

前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値を、前記第 1 送信ビームと前記第 1 受信ビームとの間の距離または前記第 1 送信ビームと前記第 1 受信ビームとの方向差、並びに、前記第 2 送信ビームと前記第 2 受信ビームとの間の距離または前記第 2 送信ビームと前記第 2 受信ビームとの方向差に応じた重み付けの下で重み付け合成し、

前記重み付け合成においては、

前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のうち、送信ビームと受信ビームとの間の距離が小さい方の重み付けを大きくし、または、送信ビームと受信ビームとの方向差が大きい方の重み付けを大きくすることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

超音波診断装置において、

異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、

各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、

前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、

第 1 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値と、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値とを合成する合成部と、

を備え、

前記送信部は、1 つの送信ビームについて複数回にわたって超音波を送信し、

前記ドブラ処理部は、前記受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求め、

前記超音波診断装置は、

各受信ビームについて前記受信部で複数回にわたって受信された超音波について、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定

部を備え、

前記合成部は、

前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値を、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のそれぞれについて求められた前記ばらつき度に応じた重み付けの下で重み付け合成し、

前記重み付け合成においては、

前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のうち前記ばらつき度が小さい方の重み付けを大きくすることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、

各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、

前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、

第 1 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値、または、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、各ドブラ測定値に対する評価条件に基づいて選択する選択部と、

を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の超音波診断装置において、

前記選択部は、

前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、前記第 1 送信ビームと前記第 1 受信ビームとの位置関係、および、前記第 2 送信ビームと前記第 2 受信ビームとの位置関係に基づいて選択することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

前記送信部が、1 つの送信ビームについて複数回にわたって超音波を送信し、

前記ドブラ処理部が、前記受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める、請求項 3 に記載の超音波診断装置において、

各受信ビームについて前記受信部で複数回にわたって受信された超音波について、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定部を備え、

前記選択部は、

前記第 1 ドブラ測定値または前記第 2 ドブラ測定値のいずれか一方を、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のそれぞれに対して求められたばらつき度に基づいて選択することを特徴とする超音波診断装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

本発明は、異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、第1送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第1受信ビームと、第2送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第2受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第1受信ビームに対して求められた第1ドブラ測定値と、当該第2受信ビームに対して求められた第2ドブラ測定値とを合成する合成部と、を備え、前記合成部は、前記第1ドブラ測定値および前記第2ドブラ測定値を、前記第1送信ビームと前記第1受信ビームとの間の距離または前記第1送信ビームと前記第1受信ビームとの方向差、並びに、前記第2送信ビームと前記第2受信ビームとの間の距離または前記第2送信ビームと前記第2受信ビームとの方向差に応じた重み付けの下で重み付け合成し、前記重み付け合成においては、前記第1ドブラ測定値および前記第2ドブラ測定値のうち、送信ビームと受信ビームとの間の距離が小さい方の重み付けを大きくし、または、送信ビームと受信ビームとの方向差が大きい方の重み付けを大きくすることを特徴とする。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

本発明においては、第1送信ビームに対応する第1受信ビームと、第2送信ビームに対応する第2受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、第1受信ビームに対して求められた第1ドブラ測定値と、第2受信ビームに対して求められた第2ドブラ測定値とが合成される。これによって、2つの受信ビーム集合に対して求められた各ドブラ測定値を用いて適切な測定値が求められる。本発明におけるドブラ測定値は、例えば、ドブラ周波数の測定値、速度測定値等である。一般に、ドブラ測定値の精度は、送信ビームと受信ビームとの位置関係に依存する。例えば、送信ビームと受信ビームとの間の距離が小さい程、求められるドブラ測定値の精度が高くなる。また、例えば、送信ビームの方向と受信ビーム方向との差異が180°に近い程、求められるドブラ測定値の精度が高くなる。本発明によれば、前記第1ドブラ測定値および前記第2ドブラ測定値が、送信ビームと受信ビームとの位置関係に応じた重み付けの下で適切に重み付け合成される。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

本発明は、超音波診断装置において、異なる位置または異なる方向に対して形成される複数の送信ビームのそれぞれについて超音波を送信する送信部と、各送信ビームに対応して形成される受信ビーム集合であって、位置または方向が異なる複数の受信ビームを含む受信ビーム集合に含まれる各受信ビームについて超音波を受信する受信部と、前記受信部で受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求めるドブラ処理部と、第1送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第1受信ビームと、

第 2 送信ビームに対応して形成された受信ビーム集合に属する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、当該第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値と、当該第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値とを合成する合成部と、を備え、前記送信部は、1 つの送信ビームについて複数回にわたって超音波を送信し、前記ドブラ処理部は、前記受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求め、前記超音波診断装置は、各受信ビームについて前記受信部で複数回にわたって受信された超音波について、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度を各受信ビームについて求めるばらつき決定部を備え、前記合成部は、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値を、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のそれぞれについて求められた前記ばらつき度に応じた重み付けの下で重み付け合成し、前記重み付け合成においては、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値のうち前記ばらつき度が小さい方の重み付けを大きくすることを特徴とする。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

本発明においては、第 1 送信ビームに対応する第 1 受信ビームと、第 2 送信ビームに対応する第 2 受信ビームとが所定の位置関係にある場合に、第 1 受信ビームに対して求められた第 1 ドブラ測定値と、第 2 受信ビームに対して求められた第 2 ドブラ測定値とが合成される。これによって、2 つの受信ビーム集合に対して求められた各ドブラ測定値を用いて適切な測定値が求められる。本発明におけるドブラ測定値は、例えば、ドブラ周波数の測定値、速度測定値等である。さらに、本発明では、ドブラ処理部が、受信部で複数回にわたって受信された超音波に基づいて、各受信ビームについてドブラ測定値を求める。また、ばらつき決定部が、ばらつき度を各受信ビームについて求める。一般に、ばらつき度が小さい程、求められるドブラ測定値の精度が高い。本発明によれば、前記第 1 ドブラ測定値および前記第 2 ドブラ測定値が、ドブラ測定値に寄与する量についてのばらつき度に応じた重み付けの下で適切に重み付け合成される。

要解决的问题：提供一种能够提高多普勒测量值准确性的超声诊断设备。 解决方案：对于在不同位置或不同方向形成的多个发射束中的每个，分别通过探头14发射超声波的发射单元12和与每个发射束相对应的接收束。对于该组中包括的每个接收束，接收单元20通过探头14接收超声波，多普勒处理单元24获得每个接收束的多普勒测量值，以及第一发送束 当属于接收波束组的第一接收波束和对应于第二发送波束形成的属于接收波束组的第二接收波束相对于第一接收波束具有预定的位置关系时 提供组合/选择单元26，其组合所获得的第一多普勒测量值和针对第二接收波束获得的第二多普勒测量值。 [选型图]图1

