

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6745209号  
(P6745209)

(45) 発行日 令和2年8月26日(2020.8.26)

(24) 登録日 令和2年8月5日(2020.8.5)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>A 6 1 B</b>	<b>8/06</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 8/06
<b>A 6 1 B</b>	<b>8/14</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 8/14

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-254635 (P2016-254635)	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成28年12月28日(2016.12.28)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2018-102771 (P2018-102771A)	(72) 発明者	中島 秀明 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43) 公開日	平成30年7月5日(2018.7.5)	審査官	永田 浩司
審査請求日	令和1年6月24日(2019.6.24)	(56) 参考文献	特開平03-023851 (JP, A) 特開2015-198710 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Bモード画像の走査範囲を分割して得られる複数の走査領域に亘って各走査領域ごとにBモード画像用の送受信を実行し、前記走査範囲内に設定される関心領域を対象としてカラーフロー用の送受信を実行するにあたり、前記各走査領域ごとの送受信と前記関心領域を対象とした送受信を交互に繰り返す分割送受信を実行する送受信部と、

前記複数の走査領域で構成される前記走査範囲から得られる受信情報に基づくBモード画像上に、前記関心領域から得られる受信情報に基づく速度情報を示したカラーフロー画像を形成する画像形成部と、

前記カラーフロー画像において要求される要求速度情報に基づいて前記分割送受信の送受信条件を決定し、決定された送受信条件に従って前記送受信部による前記分割送受信を制御する制御部と、

を有し、

前記カラーフロー画像において実現可能な限界速度情報に基づいて前記分割送受信の初期条件が決定され、

前記制御部は、前記限界速度情報に基づいて決定された初期条件を維持しつつ、前記要求速度情報に基づいて前記分割送受信の送受信条件を決定する、

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、

10

20

前記分割送受信の初期条件には、前記Bモード画像の走査範囲を複数の走査領域に分割する場合の分割数と、各走査領域における超音波ビームのビーム本数と、が含まれ、

前記制御部は、前記限界速度情報に基づいて決定された前記分割数と前記ビーム本数の少なくとも一方を維持しつつ、前記要求速度情報に基づいて前記分割送受信の送受信条件を決定する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

#### 【請求項3】

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記分割送受信の送受信条件には、前記各走査領域ごとの送受信と前記関心領域を対象とした送受信との間に設けられるダミー期間の長さが含まれ、

前記制御部は、前記限界速度情報に基づいて決定された前記分割数と前記ビーム本数の少なくとも一方を維持しつつ、前記要求速度情報に基づいて前記ダミー期間の長さを決定する、

ことを特徴とする超音波診断装置。

#### 【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、特にカラーフロー画像を形成する超音波診断装置に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

超音波診断装置は、超音波を送受することにより得られた受信信号に基づいて超音波画像を形成して表示する装置である。超音波画像としては、例えばBモード画像などが良く知られている。また、超音波を送受することにより得られる受信信号に基づいて、生体内の血流などの運動体から得られる速度情報を表示する装置も知られている。例えば、特許文献1, 2には、超音波を利用して生体内から得られるドプラ情報に基づいて運動体の速度情報を2次元的に可視化するカラーフロー画像(カラードプラ画像)に係る技術が開示されている。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0003】

【特許文献1】特開2014-42823号公報

【特許文献2】特開平4-170943号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0004】

カラーフロー画像を得る際には、Bモード画像用の送受信とカラーフロー用の送受信が実行される。そして、Bモード画像用の送受信により得られる受信情報に基づくBモード画像上に、カラーフロー用の送受信により得られる受信情報に基づく速度情報を色で表現することによりカラーフロー画像が形成される。

#### 【0005】

カラーフロー画像を利用することにより、医師や検査技師などのユーザは、Bモード画像上にカラー(色)で表現される速度情報から、生体内における血流などの運動体の状態を診断することが可能になる。例えば、Bモード画像として映し出される組織の断層像から診断対象部位の位置などが確認され、その診断対象部位内における血流などの運動状態が診断される。

#### 【0006】

一般に、カラーフロー画像を利用した診断においては、診断対象部位内における血流などの運動状態が診断の中心となり、Bモード画像として映し出される組織の断層像は診断対象部位の位置などを把握するための情報となる。つまり、カラーフロー画像において、

10

20

30

40

50

背景に映し出される B モード画像は、血流などの運動状態を診断するにあたっての補助的な情報となるのが一般的である。

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、カラーフロー画像を得るための超音波の送受信制御に係る改良技術を提供することにある。例えば、上述した事情に鑑み、Bモード画像用の送受信よりもカラーフロー用の送受信を優先した制御を提供できることが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記目的にかなう好適な超音波診断装置は、Bモード画像の走査範囲を分割して得られる複数の走査領域に亘って各走査領域ごとにBモード画像用の送受信を実行し、前記走査範囲内に設定される関心領域を対象としてカラーフロー用の送受信を実行するにあたり、前記各走査領域ごとの送受信と前記関心領域を対象とした送受信を交互に繰り返す分割送受信を実行する送受信部と、前記複数の走査領域で構成される前記走査範囲から得られる受信情報に基づくBモード画像上に、前記関心領域から得られる受信情報に基づく速度情報を示したカラーフロー画像を形成する画像形成部と、前記カラーフロー画像において要求される要求速度情報に基づいて前記分割送受信の送受信条件を決定し、決定された送受信条件に従って前記送受信部による前記分割送受信を制御する制御部と、を有することを特徴とする。

10

【 0 0 0 9 】

上記構成の装置では、カラーフロー画像において要求される要求速度情報に基づいて分割送受信の送受信条件が決定され、決定された送受信条件に従って分割送受信が制御される。例えば、カラーフロー画像において要求される最高速度が診断可能なようにBモード画像用の送受信を含む分割送受信が制御される。このように、上記構成の装置によれば、例えば、Bモード画像用の送受信よりもカラーフロー用の送受信を優先した制御が実現される。

20

【 0 0 1 0 】

望ましい具体例において、前記カラーフロー画像において実現可能な限界速度情報に基づいて前記分割送受信の初期条件が決定され、前記制御部は、前記限界速度情報に基づいて決定された初期条件を維持しつつ、前記要求速度情報に基づいて前記分割送受信の送受信条件を決定することを特徴とする。

30

【 0 0 1 1 】

望ましい具体例において、前記分割送受信の初期条件には、前記Bモード画像の走査範囲を複数の走査領域に分割する場合の分割数と、各走査領域における超音波ビームのビーム本数と、が含まれ、前記制御部は、前記限界速度情報に基づいて決定された前記分割数と前記ビーム本数の少なくとも一方を維持しつつ、前記要求速度情報に基づいて前記分割送受信の送受信条件を決定することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

望ましい具体例において、前記分割送受信の送受信条件には、前記各走査領域ごとの送受信と前記関心領域を対象とした送受信との間に設けられるダミー期間の長さが含まれ、前記制御部は、前記限界速度情報に基づいて決定された前記分割数と前記ビーム本数の少なくとも一方を維持しつつ、前記要求速度情報に基づいて前記ダミー期間の長さを決定することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明により、カラーフロー画像を得るための超音波の送受信制御に係る改良技術が提供される。例えば、本発明の好適な態様によれば、Bモード画像用の送受信よりもカラーフロー用の送受信を優先した制御が提供される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図1】本発明の実施において好適な超音波診断装置の具体例を示す図である。

50

【図2】図1の超音波診断装置による超音波の送受信に係る具体例を説明するための図である。

【図3】カラーフロー用の送受信におけるフレームレートと各走査領域ごとの送受信時間との関係を説明するための図である。

【図4】分割送受信の初期条件と送受信条件の具体例を説明するための図である。

【図5】分割送受信により得られたカラーフロー画像の表示例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1は、本発明の実施において好適な超音波診断装置の具体例を示す図である。プローブ10は、超音波を送受する超音波探触子であり、被検体（生体）内の診断対象を含む診断領域で超音波ビームを走査する。図1に示す具体例において、プローブ10としては、例えば、セクタ走査型プローブやコンベックス走査型プローブなどが好適であるものの、リニア走査型プローブなどが利用されてもよい。

10

【0016】

送受信部12は、プローブ10が備える複数の振動素子を送信制御して送信ビームを形成し、送信ビームを診断領域内で走査する。また、送受信部12は、複数の振動素子から得られる複数の受信信号を整相加算処理して受信ビームを形成し、診断領域内の全域から受信信号を収集する。つまり、送受信部12は、送信ビームフォーマと受信ビームフォーマの機能を備えている。

【0017】

20

断層画像形成部20は、診断領域内から収集される受信信号に基づいて、診断領域のBモード画像（断層画像）の画像データを形成する。例えば、診断対象となる肝臓などの組織に関する断層画像の画像データが形成される。

【0018】

ドブラ処理部30は、診断領域内から収集される受信信号からドブラ情報を得る。ドブラ処理部30は、例えば公知のドブラ処理により、血流などの運動体から得られる超音波の受信信号内に生じるドブラシフトを計測し、血流などの運動体についての超音波ビーム方向のドブラデータ（ビーム方向のドブラ成分）を得る。

【0019】

CF（カラーフロー）画像形成部40は、断層画像形成部20において形成されたBモード画像上に、ドブラ処理部30から得られるドブラ情報（ドブラデータ）に基づく速度情報を示したカラーフロー画像の画像データを形成する。CF画像形成部40は、例えば診断領域の断層画像内（例えば血流内）の各点における速度を色等によって表現した公知のカラーフロー画像（カラードブラ画像）の画像データを形成する。

30

【0020】

表示処理部50は、断層画像形成部20から得られる断層画像（Bモード画像）の画像データと、CF画像形成部40から得られるカラーフロー画像の画像データに基づいて、表示画像を形成する。形成された表示画像は表示部52に表示される。

【0021】

制御部100は、図1の超音波診断装置内を全体的に制御する。制御部100による全体的な制御には、操作デバイス60を介して医師や検査技師などのユーザから受け付けた指示も反映される。

40

【0022】

図1に示す構成（符号を付した各部）のうち、送受信部12，断層画像形成部20，ドブラ処理部30，CF画像形成部40，表示処理部50の各部は、例えば電気電子回路やプロセッサ等のハードウェアを利用して実現することができ、その実現において必要に応じてメモリ等のデバイスが利用されてもよい。また上記各部に対応した機能の少なくとも一部がコンピュータにより実現されてもよい。つまり、上記各部に対応した機能の少なくとも一部が、CPUやプロセッサやメモリ等のハードウェアと、CPUやプロセッサの動作を規定するソフトウェア（プログラム）との協働により実現されてもよい。

50

## 【 0 0 2 3 】

表示部 5 2 の好適な具体例は、液晶ディスプレイや有機 E L ( エレクトロルミネッセンス ) ディスプレイ等であり、操作デバイス 6 0 は、例えば、マウス、キーボード、トラックボール、タッチパネル、その他のスイッチ類等のうちの少なくとも一つにより実現できる。そして制御部 1 0 0 は、例えば、 C P U やプロセッサやメモリ等のハードウェアと、 C P U やプロセッサの動作を規定するソフトウェア ( プログラム ) との協働により実現することができる。

## 【 0 0 2 4 】

図 1 の超音波診断装置の全体構成は以上のとおりである。次に、図 1 の超音波診断装置により実現される処理と機能について詳述する。なお、図 1 に示した構成 ( 部分 ) については以下の説明において図 1 の符号を利用する。

10

## 【 0 0 2 5 】

図 2 は、図 1 の超音波診断装置による超音波の送受信に係る具体例を説明するための図である。図 2 には、 B モード画像用の走査範囲 B A と、 C F ( カラーフロー ) 用の関心領域 R O I の具体例が図示されている。図 2 に示す具体例において、 B モード画像用の走査範囲 B A は実線で囲まれた扇型の領域であり、その走査範囲 B A 内に C F 用の関心領域 R O I が設定される。なお、走査範囲 B A の全域が関心領域 R O I とされてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

送受信部 1 2 は、走査範囲 B A 内で超音波ビーム ( 送信ビームと受信ビーム ) を走査して B モード画像用の送受信を実行する。この送受信により走査範囲 B A 内から得られる受信情報 ( エコーの輝度情報 ) に基づいて、断層画像形成部 2 0 が B モード画像 ( 断層画像 ) の画像データを形成する。

20

## 【 0 0 2 7 】

また、送受信部 1 2 は、関心領域 R O I 内で超音波ビーム ( 送信ビームと受信ビーム ) を走査してカラーフロー用の送受信を実行する。この送受信により関心領域 R O I 内から得られる受信情報 ( ドブラシフト情報 ) に基づいて、ドブラ処理部 3 0 が血流などの運動体についての速度情報を得る。

## 【 0 0 2 8 】

そして、 C F 画像形成部 4 0 は、走査範囲 B A に対応した B モード画像上に、関心領域 R O I 内における速度情報を示したカラーフロー画像の画像データを形成する。

30

## 【 0 0 2 9 】

カラーフロー画像の画像データを形成するカラーフローモードにおいて、送受信部 1 2 は以下に説明する分割送受信を実行する。分割送受信において、 B モード画像の走査範囲 B A は複数の走査領域に分割される。送受信部 1 2 は複数の走査領域に亘って各走査領域ごとに B モード画像用の送受信を実行する。

## 【 0 0 3 0 】

例えば、図 2 に示す具体例のように、走査範囲 B A が複数の走査領域 ( 1 ) ~ ( 1 0 ) に分割される。走査範囲 B A の全域に亘って走査される送信ビームの本数が 1 0 0 本であれば、各走査領域 ( 1 ) ~ ( 1 0 ) が 1 0 本の送信ビームで構成されるように、走査範囲 B A が複数の走査領域 ( 1 ) ~ ( 1 0 ) に分割される。

40

## 【 0 0 3 1 】

一方、 C F モードの関心領域 R O I は分割されない。カラーフロー画像の形成においては、関心領域 R O I 内を通る複数ビームに対応した複数ビームアドレスの各ビームアドレスごとに、複数回に亘って超音波ビームの形成が繰り返され、各ビームアドレスごとに複数回に亘って受信信号が収集される。その収集においては、例えば特許文献 1 ( 特開 2 0 1 4 - 4 2 8 2 3 号公報 ) などに説明される公知の高フレームレート法が利用される。

## 【 0 0 3 2 】

高フレームレート法では、例えば、関心領域 R O I 内を対象とする複数フレームに亘るカラーフロー用の送受信において、各フレームごとに各ビームアドレスにおいて 1 回の送受信が実行される。そして、関心領域 R O I 内を通る複数ビームに対応した複数ビームア

50

ドレスの各ビームアドレスごとに、複数フレーム（複数回）に亘って超音波ビームの形成が繰り返され、各ビームアドレスごとに複数フレーム（複数回）に亘って受信信号が収集される。こうして、関心領域 R O I 内の各位置（ビームアドレスと深さによって特定される位置）ごとに、複数フレーム（複数回）に亘って得られる受信情報から、速度情報（ドプラ情報）が導出される。

【 0 0 3 3 】

したがって、高フレームレート法では、カラーフロー用の送受信におけるフレームレート（フレーム周波数）がドプラ計測におけるパルス繰り返し周波数（ P R F ）となる。ドプラ計測におけるパルス繰り返し周波数（ P R F ）と折り返し現象なしで検出できる最大ドプラシフト周波数（ F d ）との間には、  $F d = P R F / 2$  の関係がある。つまり、折り返し現象なしで検出できるドプラ周波数の範囲は  $\pm P R F / 2$  となる。

10

【 0 0 3 4 】

送受信部 1 2 は、高フレームレート法を利用しつつ分割送受信を実行する。つまり、送受信部 1 2 は、 B モード画像用の走査範囲 B A を構成する各走査領域ごとの送受信と、カラーフロー用の関心領域 R O I を対象とした送受信を交互に繰り返す分割送受信を実行する。

【 0 0 3 5 】

例えば、図 2 に示す具体例において、関心領域 R O I の第 1 フレーム（ F 1 ）を対象とするカラーフロー用の送受信が実行された後に、走査領域（ 1 ）を対象とする B モード画像用の送受信が実行される。続いて、関心領域 R O I の第 2 フレーム（ F 2 ）を対象とするカラーフロー用の送受信が実行された後に、走査領域（ 2 ）を対象とする B モード画像用の送受信が実行される。さらに、関心領域 R O I の第 3 フレーム（ F 3 ）を対象とするカラーフロー用の送受信が実行された後に、走査領域（ 3 ）を対象とする B モード画像用の送受信が実行される。第 4 フレーム（ F 4 ）以降も関心領域 R O I を対象とした送受信と各走査領域を対象とした送受信が交互に繰り返される。

20

【 0 0 3 6 】

こうして、関心領域 R O I の第 1 フレーム（ F 1 ）から第 1 0 フレーム（ F 1 0 ）を対象としたカラーフロー用の送受信と、走査領域（ 1 ）～（ 1 0 ）を対象とした B モード画像用の送受信が実行され、 B モード画像用の走査範囲 B A の全域を構成する受信信号が得られると、断層画像形成部 2 0 により、 B モード画像用の走査範囲 B A に対応した B モード画像の画像データが形成される。さらに、 C F 画像形成部 4 0 により、走査範囲 B A に対応した B モード画像上に、関心領域 R O I 内における速度情報を示したカラーフロー画像の画像データが形成される。

30

【 0 0 3 7 】

その後も分割送受信が実行される。例えば、図 2 に示す具体例において、関心領域 R O I の第 1 0 フレーム（ F 1 0 ）を対象とするカラーフロー用の送受信と走査領域（ 1 0 ）を対象とする B モード画像用の送受信が実行されると、さらに、関心領域 R O I の第 1 1 フレーム（ F 1 1 ）を対象とするカラーフロー用の送受信が実行された後に、走査領域（ 1 ）を対象とする B モード画像用の送受信が実行される。続いて、関心領域 R O I の第 1 2 フレーム（ F 1 2 ）を対象とするカラーフロー用の送受信が実行された後に、走査領域（ 2 ）を対象とする B モード画像用の送受信が実行される。こうして、第 1 3 フレーム（ F 1 3 ）以降も関心領域 R O I を対象とした送受信と各走査領域を対象とした送受信が交互に繰り返される。

40

【 0 0 3 8 】

第 1 1 フレーム（ F 1 1 ）以降は、新たに送受信が実行された各走査領域内の B モード画像が部分的に更新される。例えば、第 1 1 フレーム（ F 1 1 ）において更新された走査領域（ 1 ）の受信信号と、第 2 フレーム（ F 2 ）から第 1 0 フレーム（ F 1 0 ）までに得られた走査領域（ 2 ）から走査領域（ 1 0 ）までの受信信号に基づいて、走査範囲 B A に対応した B モード画像の画像データが形成される。第 1 2 フレーム（ F 1 2 ）以降も新たに送受信が実行された各走査領域内の B モード画像が部分的に更新される。

50

## 【 0 0 3 9 】

なお、走査領域の受信信号が更新された場合には、更新された走査領域とそれに隣接する走査領域との間において受信信号に対してスムージング処理等を施すことが望ましい。例えば、第1フレーム(F1)において走査領域(1)の受信信号が更新された場合に、走査領域(1)の受信信号と、第2フレーム(F2)において既に得られている走査領域(2)の受信信号との間に比較的大きな時間差が生じる。そこで、走査領域(1)と走査領域(2)との間(特に境界付近)において受信信号に対してスムージング処理等を施すことが望ましい。

## 【 0 0 4 0 】

以上に説明したように、図1の超音波診断装置は、高フレームレート法において分割受信を実行する。高フレームレート法では、カラーフロー用の送受信におけるフレームレート(フレーム周波数)がドブラ計測におけるパルス繰り返し周波数(PRF)となる。ドブラ計測におけるパルス繰り返し周波数(PRF)と折り返し現象なしで検出できる最大ドブラシフト周波数(Fd)の間には、 $Fd = PRF / 2$ の関係がある。つまり、折り返し現象なしで検出できるドブラ周波数の範囲は $\pm PRF / 2$ となる。

## 【 0 0 4 1 】

そこで、制御部100は、カラーフロー画像において要求される速度情報である要求最高速度(例えば診断対象や診断用途などに応じてユーザが設定する)を折り返し現象なしで検出できるように、ドブラ計測におけるパルス繰り返し周波数(PRF)、つまりカラーフロー用の送受信におけるフレームレートFR(フレーム周波数)を決定する。折り返し現象なしで検出できるドブラ周波数の範囲は $\pm PRF / 2$ である。制御部100は、要求最高速度に対応したドブラシフト周波数がFddである場合に、 $PRF = 2 \times Fdd$ とし、カラーフロー用の送受信におけるフレームレートFRを $FR = PRF = 2 \times Fdd$ とする。

## 【 0 0 4 2 】

さらに、制御部100は、カラーフロー用の送受信におけるフレームレートFRが $FR = 2 \times Fdd$ となるように、分割送受信の送受信条件を決定する。各走査領域ごとの送受信と関心領域ROIを対象とした送受信を交互に繰り返す分割送受信では、各走査領域ごとの送受信時間に応じて、カラーフロー用の関心領域ROIを対象とした送受信のフレームレートが変動する。そこで、制御部100は、要求最高速度に対応したドブラシフト周波数がFddである場合に、カラーフロー用の送受信におけるフレームレートFRが $FR = 2 \times Fdd$ となるように、各走査領域ごとの送受信時間を決定する。

## 【 0 0 4 3 】

図3は、カラーフロー用の送受信におけるフレームレートと各走査領域ごとの送受信時間との関係を説明するための図である。図3には、図2を利用して説明した分割送受信に対応した送受信シーケンスの具体例が図示されている。

## 【 0 0 4 4 】

図3(A)に示すように、分割送受信では、各走査領域ごとの送受信と関心領域ROIを対象とした送受信が交互に繰り返される。つまり、関心領域ROIの第1フレーム(F1)を対象とするカラーフロー用の送受信が実行された後に、走査領域(1)を対象とするBモード画像用の送受信が実行され、続いて、関心領域ROIの第2フレーム(F2)を対象とするカラーフロー用の送受信が実行された後に、走査領域(2)を対象とするBモード画像用の送受信が実行される。第3フレーム(F3)以降も、各走査領域ごとの送受信と関心領域ROIを対象とした送受信が交互に繰り返される。

## 【 0 0 4 5 】

制御部100は、要求最高速度に対応したドブラシフト周波数がFddである場合に、カラーフロー用の送受信におけるフレームレートFRが $FR = 2 \times Fdd$ となるように、各走査領域ごとの送受信時間を決定する。例えば、関心領域ROIの各フレームごとの送受信時間と各走査領域ごとの送受信時間の合計時間であるパルス繰り返し期間PRTが $PRT = 1 / FR$ ( $FR = 2 \times Fdd$ )となるように、各走査領域ごとの送受信時間が調整

10

20

30

40

50

される。

【 0 0 4 6 】

なお、関心領域 R O I の各フレームごとの送受信時間は、関心領域 R O I の大きさ（ビーム本数）や深さ（関心領域 R O I の下限位置）などによって変化する。カラーフローモードでは、例えば、医師や検査技師などのユーザにより、診断対象や診断用途などに応じて関心領域 R O I の大きさや深さなどが設定される。そのため、例えば、ユーザによるこれらの設定を優先的に維持して関心領域 R O I の各フレームごとの送受信時間は固定としつつ、各走査領域ごとの送受信時間のみを調整してパルス繰り返し期間 P R T を設定することが望ましい。

【 0 0 4 7 】

また、Bモード画像用の走査範囲 B A 全域の全ビーム本数と各ビームの表示深度（各ビームごとの送受信時間）が既知であれば、各走査領域ごとの送受信時間から各走査領域ごとのビーム本数が決定されてもよい。さらに、各走査領域ごとのビーム本数と走査範囲 B A 全域の全ビーム本数から、複数の走査領域の領域数（分割数）が決定されてもよい。

【 0 0 4 8 】

また、折り返し現象なしで検出できるドプラ周波数の範囲  $\pm P R F / 2$  が変動しないように、パルス繰り返し期間 P R T は、複数フレームに亘って一定であることが望ましい。そこで、関心領域 R O I の各フレームごとの送受信時間と各走査領域ごとの送受信時間の合計時間が一定とならない場合に、関心領域 R O I の各フレームごとの送受信と各走査領域ごとの送受信との間にダミー期間を設けて、関心領域 R O I の各フレームごとの送受信時間と各走査領域の送受信時間とダミー期間の合計の時間長が、複数の走査領域に亘って一定となるように調整することが望ましい。

【 0 0 4 9 】

図 3（B）には、ダミー期間の具体例が図示されている。図 3（B）に示す具体例では関心領域 R O I の第 1 0 フレーム（F 1 0）を対象とするカラーフロー用の送受信と走査領域（1 0）を対象とする B モード画像用の送受信が実行された直後にダミー期間が設けられている。なお、関心領域 R O I の第 1 0 フレーム（F 1 0）を対象とするカラーフロー用の送受信と走査領域（1 0）を対象とする B モード画像用の送受信の間にダミー期間が設けられてもよい。

【 0 0 5 0 】

例えば走査領域（1）～（9）まで各走査領域ごとに同じビーム本数で分割が行われ、走査領域（1 0）のみが他の走査領域よりもビーム本数が少ない場合に、図 3（B）に示す具体例のように、走査領域（1 0）を対象とする B モード画像用の送受信が実行された直後（又は直前）にダミー期間が設けられ、関心領域 R O I の各フレームごとの送受信時間と各走査領域ごとの送受信時間とダミー期間の合計時間が、複数の走査領域に亘って一定となるように調整される。これにより、折り返し現象なしで検出できるドプラ周波数の範囲  $\pm P R F / 2$  が変動しないように、つまり、折り返し現象なしで検出できる最高速度を変動させずに、カラーフロー画像を形成することが可能になる。

【 0 0 5 1 】

さらに、制御部 1 0 0 は、図 1 の超音波診断装置によるカラーフロー画像の形成において実現可能な限界速度情報に基づいて分割送受信の初期条件を決定することが望ましい。例えば、制御部 1 0 0 は、カラーフロー画像において実現可能な限界速度情報の具体例である限界最高速度を折り返し現象なしで検出できるように、ドプラ計測におけるパルス繰り返し周波数（P R F）、つまりカラーフロー用の送受信におけるフレームレート F R（フレーム周波数）を決定する。折り返し現象なしで検出できるドプラ周波数の範囲は  $\pm P R F / 2$  である。そこで、限界最高速度に対応したドプラシフト周波数が F d m a x である場合に、制御部 1 0 0 は、 $P R F = 2 \times F d m a x$  とし、カラーフロー用の送受信におけるフレームレート F R を  $F R = P R F = 2 \times F d m a x$  として、分割送受信の初期条件を決定する。

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

限界最高速度は図1の超音波診断装置において実現可能な最高速度であるため、カラーフロー画像において要求される要求最高速度は限界最高速度以下に制限される。制御部100は、限界最高速度に基づいて決定された初期条件を維持しつつ、要求最高速度に応じた分割送受信の送受信条件を決定する。

【0053】

図4は、分割送受信の初期条件と送受信条件の具体例を説明するための図である。図4には図2を利用して説明した分割送受信に対応した送受信シーケンスが図示されている。

【0054】

図4(A)には、限界最高速度に対応した送受信シーケンスが図示されている。図4(A)に示すように、分割送受信では、各走査領域ごとの送受信と関心領域ROIを対象とした送受信が交互に繰り返される。つまり、関心領域ROIの第1フレーム(F1)を対象とするカラーフロー用の送受信と走査領域(1)を対象とするBモード画像用の送受信が実行され、続いて、関心領域ROIの第2フレーム(F2)を対象とするカラーフロー用の送受信と走査領域(2)を対象とするBモード画像用の送受信が実行される。第3フレーム(F3)以降も、各走査領域ごとの送受信と関心領域ROIを対象とした送受信が交互に繰り返される。

【0055】

制御部100は、限界最高速度に対応したドプラシフト周波数が $F_{dmax}$ である場合に、カラーフロー用の送受信におけるフレームレートFRが $FR = 2 \times F_{dmax}$ となるように、分割送受信の初期条件を決定する。例えば、関心領域ROIの各フレームごとの送受信時間と各走査領域ごとの送受信時間の合計時間であるパルス繰り返し期間PRTが $PRT = 1 / FR (FR = 2 \times F_{dmax})$ となるように、分割送受信の初期条件が決定される。

【0056】

関心領域ROIの各フレームごとの送受信時間は、関心領域ROIの大きさ(ビーム本数)や深さ(関心領域ROIの下限位置)などによって変化する。カラーフローモードでは、例えば、医師や検査技師などのユーザにより、診断対象や診断用途などに応じて関心領域ROIの大きさや深さなどが設定される。そのため、ユーザが指定した関心領域ROIに係る設定は初期条件として維持することが望ましい。そこで、制御部100は、Bモード画像用の走査範囲BAの分割に関する条件、例えば複数の走査領域に分割する場合の分割数と各走査領域における超音波ビームのビーム本数などを調整することにより、各走査領域ごとの送受信時間を調整してパルス繰り返し期間が $PRT = 1 / FR (FR = 2 \times F_{dmax})$ となるように初期条件を設定する。

【0057】

こうして、限界最高速度に基づいて初期条件が決定されると、制御部100は、限界最高速度に基づいて決定された初期条件を維持しつつ、要求最高速度に応じた分割送受信の送受信条件を決定する。

【0058】

図4(B)(C)には、図4(A)の初期条件を維持しつつ要求最高速度に基づいて分割送受信の送受信条件を決定する具体例が図示されている。要求最高速度は限界最高速度以下に制限される。

【0059】

制御部100は、例えば、限界最高速度に基づいて決定された初期条件(例えば複数の走査領域の分割数と各走査領域における超音波ビームのビーム本数の少なくとも一方)を維持しつつ、要求最高速度に応じた送受信条件を決定する。

【0060】

例えば、各走査領域ごとの送受信と関心領域を対象とした送受信との間にダミー期間が設けられ、制御部100は、図4(A)において決定された関心領域ROIに係る設定と複数の走査領域に係る設定(分割数と各走査領域のビーム本数を含む)を維持しつつ、要求最高速度に応じてダミー期間の長さを調整する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 1 】

例えば図 4 ( B ) に示すように、制御部 1 0 0 は、要求最高速度に対応したドブラシフト周波数が  $F d d$  である場合に、カラーフロー用の送受信におけるフレームレート  $F R$  が  $F R = 2 \times F d d$  となるようにダミー期間の長さを決定する。例えば、関心領域  $R O I$  の各フレームごとの送受信と各走査領域ごとの送受信については、図 4 ( A ) における送受信と同じ条件が適用され、つまり関心領域  $R O I$  の各フレームごとの送受信時間と各走査領域ごとの送受信時間は維持され、関心領域  $R O I$  の各フレームごとの送受信時間とダミー期間と各走査領域ごとの送受信時間の合計時間であるパルス繰り返し期間  $P R T$  が  $P R T = 1 / F R ( F R = 2 \times F d d )$  となるように、ダミー期間の長さが調整される。

## 【 0 0 6 2 】

図 4 ( C ) には、図 4 ( B ) よりも要求最高速度が低い ( 小さい ) 場合の具体例が図示されている。図 4 ( C ) 示す具体例においても、制御部 1 0 0 は、図 4 ( A ) で決定された関心領域  $R O I$  に係る設定と複数の走査領域に係る設定 ( 分割数と各走査領域のビーム本数を含む ) を維持しつつ、要求最高速度に応じてダミー期間の長さを調整する。図 4 ( B ) よりも要求最高速度が低いため、図 4 ( C ) においては図 4 ( B ) よりもダミー期間が長い。

## 【 0 0 6 3 】

図 4 を利用して説明した具体例では、初期条件として決定された関心領域  $R O I$  に係る設定と複数の走査領域に係る設定 ( 分割数と各走査領域のビーム本数を含む ) を維持しつつ、ダミー期間の長さを調整することにより、要求最高速度に応じたフレームレートで分割送受信が実現できる。これにより、例えば、要求最高速度が変化した場合でも、関心領域  $R O I$  に係る設定と複数の走査領域に係る設定を維持しつつカラーフロー画像を形成することができ、要求最高速度の変化に伴うカラーフロー画像の画質の変化が抑制される。

## 【 0 0 6 4 】

図 5 は、図 2 の分割送受信により得られたカラーフロー画像の表示例を示す図である。図 2 に示す分割送受信では、B モード画像用の走査範囲  $B A$  が複数の走査領域 ( 1 ) ~ ( 1 0 ) に分割される。そこで、表示処理部 5 0 は、例えば図 5 に示す具体例のように、走査範囲  $B A$  の分割位置、つまり隣接する走査領域同士の境界位置 ( 図 2 参照 ) を示す分割位置マーカ  $M$  を付したカラーフロー画像の表示画像を形成してもよい。なお、分割位置マーカ  $M$  は、例えばユーザからの指示に応じて表示と非表示を切り替え可能であることが望ましい。

## 【 0 0 6 5 】

以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、上述した実施形態は、あらゆる点で単なる例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。本発明は、その本質を逸脱しない範囲で各種の変形形態を包含する。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 6 】

1 0 プローブ、1 2 送受信部、2 0 断層画像形成部、3 0 ドブラ処理部、4 0 C F 画像形成部、5 0 表示処理部、5 2 表示部、6 0 操作デバイス、1 0 0 制御部。

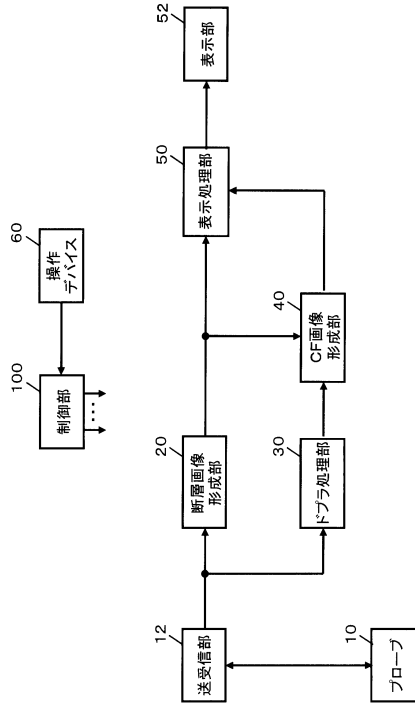
10

20

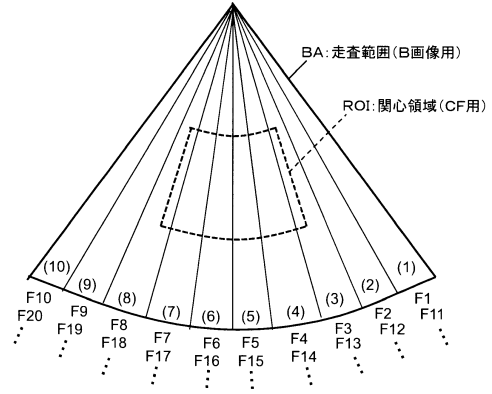
30

40

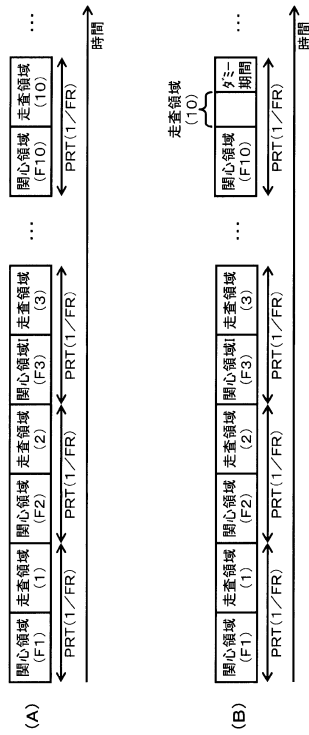
【図1】



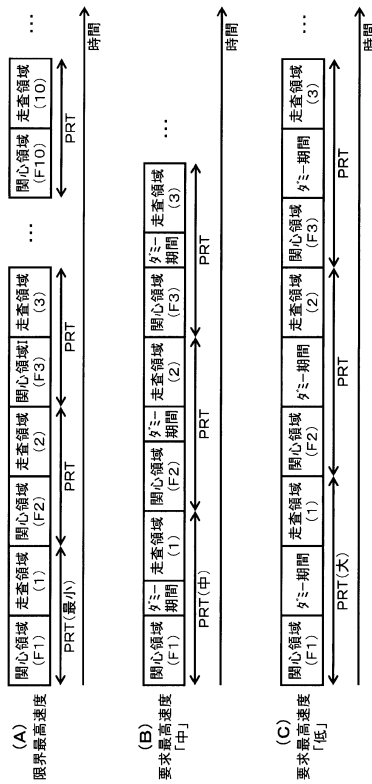
【図2】



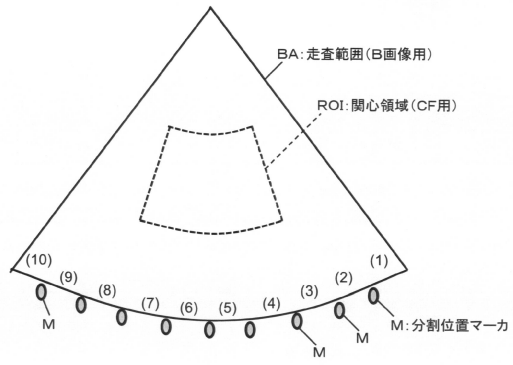
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

A 6 1 B      8 / 0 0   -   8 / 1 5