

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4127827号
(P4127827)

(45) 発行日 平成20年7月30日(2008.7.30)

(24) 登録日 平成20年5月23日(2008.5.23)

(51) Int.Cl. F1
A61B 8/06 (2006.01) A61B 8/06

請求項の数 6 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2004-194888 (P2004-194888)
(22) 出願日 平成16年6月30日(2004.6.30)
(65) 公開番号 特開2006-14891 (P2006-14891A)
(43) 公開日 平成18年1月19日(2006.1.19)
審査請求日 平成16年7月23日(2004.7.23)

(73) 特許権者 000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(74) 代理人 100089118
弁理士 酒井 宏明
(72) 発明者 宮木 浩仲
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
オリンパス株式会社内

審査官 右▲高▼ 孝幸

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】

被検体内に対して超音波の送受信を複数回繰り返し行って得た複数の超音波データをもとに、前記被検体内の超音波断層像を生成出力するとともに、前記被検体内にて動く運動体の速度を所定速度レンジ内の速度として算出し、該算出した速度とカラースケールデータとをもとに前記運動体の速度を示す速度画像を生成出力する超音波診断装置において、前記運動体の關心速度レンジを示す情報を指示入力する入力手段と、
前記入力手段から入力された情報によって指示される關心速度レンジに比して広い速度レンジであって該關心速度レンジを含む可変の検出可能速度レンジを前記所定速度レンジとして設定し、この設定した前記検出可能速度レンジの零近傍に、前記關心速度レンジに応じた零近傍の速度レンジ部分を除去する速度レンジを設定する速度レンジ設定制御手段と、

を備えたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

前記検出可能速度レンジ内の速度毎に前記カラースケールデータを割り当て、該割り当てたカラースケールデータと前記算出した速度とをもとに前記速度画像を生成する画像処理制御手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の超音波診断装置。

【請求項3】

前記検出可能速度レンジ内の速度毎に割り当てられたカラースケールデータに対応するカラースケール画像と前記速度画像とを含む各種画像を複数同時に表示出力する表示手段

を備え、前記画像処理制御手段は、前記表示手段に対して前記各種画像の表示制御を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記画像処理制御手段は、前記表示手段に対し、前記関心速度レンジ内の前記カラスケール画像よりも前記関心速度レンジ外であって前記検出可能速度レンジ内の前記カラスケール画像を小さくする表示制御を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記画像処理制御手段は、前記検出可能速度レンジ内の速度毎に前記カラスケールデータを割り当てる場合、前記関心速度レンジ外であって前記検出可能速度レンジ内の速度変化に対する前記カラスケールデータの色相変化または輝度変化よりも、前記関心速度レンジ内の速度変化に対する前記カラスケールデータの色相変化または輝度変化を大きくすることを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記速度レンジ設定制御手段は、

前記入力手段から入力された情報をもとに前記関心速度レンジを設定するとともに該関心速度レンジの最大速度値に対応する基準繰り返し周波数と前記超音波の送受信の繰り返し回数に関する仮の繰り返し周波数とを算出し、該仮の繰り返し周波数をスイープする周波数スイープ処理を行うとともに該周波数スイープ処理毎の仮の繰り返し周波数を用いて前記超音波の送受信制御を順次行う送受信制御手段と、

前記送受信制御手段による前記超音波の送受信制御によって得られた前記複数の超音波データをもとに前記運動体の速度を順次算出する速度演算制御手段と、

を備え、前記送受信制御手段は、前記速度演算制御手段から前記運動体の速度を順次検出するとともに、該順次検出した運動体の速度をもとにエリアジング現象の発生有無を順次判定するエリアジング判定処理を行い、該エリアジング判定処理の結果をもとに前記超音波の送受信制御を行う実際の繰り返し周波数と前記検出可能速度レンジとを設定し、前記速度演算制御手段は、前記基準繰り返し周波数を少なくとも用い、前記検出可能速度レンジから前記関心速度レンジに応じた零近傍の速度レンジ部分を除去する速度レンジを設定することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、生体内に超音波を複数回照射するとともにそのエコーを順次受波して同一音線方向毎に超音波スキャンを繰り返し行い、この超音波スキャンによって得られた複数の超音波データをもとに、この生体内にて動く運動体の速度を示すカラー画像である速度画像を生成出力する超音波診断装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、生体内に超音波を照射するとともにそのエコーを受波する超音波スキャンを行ってこの生体内の超音波断層像とこの生体内にて動く運動体の速度を示す速度画像とを生成出力する超音波診断装置が、生体内の病変部等の関心領域の断層像または血液等の運動体の速度をリアルタイムに観察可能な医療用診断装置として普及されている。たとえば、超音波診断装置は、生体内の運動体に対する超音波スキャンを行って得られた超音波データを用いてドプラ法に基づく演算処理等を行えば、この運動体の速度を求めることができる。また、超音波診断装置は、操作者によって検査目的とする所望の関心速度レンジが予め設定され、この関心速度レンジ内の速度毎に輝度または色相等が割り当てられたカラスケールデータを用いることによって、この運動体の速度を示す速度画像を生成出力することができる。

【0003】

しかし、超音波診断装置によって検出された運動体の速度がこの設定された関心速度レ

10

20

30

40

50

ンジ外である場合、超音波診断装置には、この運動体の速度を誤った値および方向を示す色相または輝度の速度画像にて表示出力する現象（エリアジング）が発生する。このエリアジングは、サンプリングの定理によって決まる現象であり、この関心速度レンジを狭くするほどその発生頻度が高くなる。このエリアジングが発生した場合、超音波診断装置が運動体の実際の速度と異なる値および方向を示す速度画像を表示出力するので、操作者は、検査目的とする運動体の速度たとえば血流の流速値および血流方向を正確に認識できない。このエリアジングの発生を抑制可能な超音波診断装置として、関心領域内の運動体の速度たとえば関心血流の流速値が関心速度レンジ（すなわち流速レンジ）の上限値に達することによって飽和している画素数をもとにこの流速レンジがこの関心血流に対して適正か否かを判定し、その判定結果に応じて流速レンジを拡大する処理を自動的に行う超音波診断装置がある（特許文献1参照）。

10

【0004】

【特許文献1】特開平11-146879号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述した特許文献1に記載された超音波診断装置では、予め設定された関心速度レンジとしての流速レンジを拡大することによって上述したエリアジングの発生を抑制しているので、検査目的外の運動体の速度に対応する周波数成分を除去するフィルタ処理のカットオフ周波数がこの流速レンジの拡大に応じて増加する場合が多い。この場合、このフィルタ処理によって検査目的外の運動体の速度を除去する速度レンジ（除去速度レンジ）がこの流速レンジの拡大すなわちカットオフ周波数の増加に応じて拡大し、これによって、本来の検査目的としての流速レンジ内の低速度成分を検出することが困難になるという問題点があった。

20

【0006】

この発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、検査目的とする関心速度レンジ内の低速度成分の検出能力を損なうことなく、エリアジングの発生を抑制できる超音波診断装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる超音波診断装置は、被検体内に対して超音波の送受信を複数回繰り返し行って得た複数の超音波データをもとに、前記被検体内の超音波断層像を生成出力するとともに、前記被検体内にて動く運動体の速度を所定速度レンジ内の速度として算出し、該算出した速度とカラースケールデータとをもとに前記運動体の速度を示す速度画像を生成出力する超音波診断装置において、前記運動体の関心速度レンジを示す情報を指示入力する入力手段と、前記入力手段から入力された情報をもとに、前記関心速度レンジ以上に広い速度レンジであって該関心速度レンジを含む可変の検出可能速度レンジを前記所定速度レンジとして設定する速度レンジ設定制御手段と、前記検出可能速度レンジ内の速度毎に前記カラースケールデータを割り当て、該割り当てたカラースケールデータと前記算出した速度とをもとに前記速度画像を生成する画像処理制御手段と、を備えたことを特徴とする。

30

40

【0008】

また、本発明にかかる超音波診断装置は、上記発明において、前記速度レンジ設定制御手段は、前記関心速度レンジに応じた零近傍の速度レンジ部分を除去する前記検出可能速度レンジを前記所定速度レンジとして設定することを特徴とする。

【0009】

また、本発明にかかる超音波診断装置は、被検体内に対して超音波の送受信を複数回繰り返し行って得た複数の超音波データをもとに、前記被検体内の超音波断層像を生成出力するとともに、前記被検体内にて動く運動体の速度を所定速度レンジ内の速度として算出し、該算出した速度とカラースケールデータとをもとに前記運動体の速度を示す速度画像

50

を生成出力する超音波診断装置において、前記運動体の關心速度レンジを示す情報を指示入力する入力手段と、前記入力手段から入力された情報をもとに、前記關心速度レンジ以上に広い速度レンジであって該關心速度レンジを含む可変の検出可能速度レンジを前記所定速度レンジとして設定し、さらに前記關心速度レンジに応じた零近傍の速度レンジ部分を除去する前記検出可能速度レンジを設定する速度レンジ設定制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【0010】

また、本発明にかかる超音波診断装置は、上記発明において、前記検出可能速度レンジ内の速度毎に割り当てられたカラースケールデータに対応するカラースケール画像と前記速度画像とを含む各種画像を複数同時に表示出力する表示手段を備え、前記画像処理制御手段は、前記表示手段に対して前記各種画像の表示制御を行うことを特徴とする。

10

【0011】

また、本発明にかかる超音波診断装置は、上記発明において、前記画像処理制御手段は、前記表示手段に対し、前記關心速度レンジ内の前記カラースケール画像よりも前記關心速度レンジ外であって前記検出可能速度レンジ内の前記カラースケール画像を小さくする表示制御を行うことを特徴とする。

【0012】

また、本発明にかかる超音波診断装置は、上記発明において、前記画像処理制御手段は、前記検出可能速度レンジ内の速度毎に前記カラースケールデータを割り当てる場合、前記關心速度レンジ外であって前記検出可能速度レンジ内の速度変化に対する前記カラースケールデータの色相変化または輝度変化よりも、前記關心速度レンジ内の速度変化に対する前記カラースケールデータの色相変化または輝度変化を大きくすることを特徴とする。

20

【0013】

また、本発明にかかる超音波診断装置は、上記発明において、前記速度レンジ設定制御手段は、前記入力手段から入力された情報をもとに前記關心速度レンジを設定するとともに該關心速度レンジの最大速度値に対応する基準繰り返し周波数と前記超音波の送受信の繰り返し回数に関する仮の繰り返し周波数とを算出し、該仮の繰り返し周波数をスイープする周波数スイープ処理を行うとともに該周波数スイープ処理毎の仮の繰り返し周波数を用いて前記超音波の送受信制御を順次行う送受信制御手段と、前記送受信制御手段による前記超音波の送受信制御によって得られた前記複数の超音波データをもとに前記運動体の速度を順次算出する速度演算制御手段と、を備え、前記送受信制御手段は、前記速度演算制御手段から前記運動体の速度を順次検出するとともに、該順次検出した運動体の速度をもとにエリアジング現象の発生有無を順次判定するエリアジング判定処理を行い、該エリアジング判定処理の結果をもとに前記超音波の送受信制御を行う実際の繰り返し周波数と前記検出可能速度レンジとを設定し、前記速度演算制御手段は、前記基準繰り返し周波数を少なくとも用い、前記検出可能速度レンジから前記關心速度レンジに応じた零近傍の速度レンジ部分を除去する速度レンジを設定することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0014】

この発明によれば、所望の低速度範囲の速度を検出する能力を損なうことなく、被検体内の所望の運動体の検出速度に対するエリアジングの発生を抑制可能な超音波診断装置を実現できるという効果を奏する。

40

【0015】

また、この発明によれば、このエリアジングの発生を抑制できるとともに、被検体内から検出した運動体の速度を示す速度画像を確実に画面表示できる超音波診断装置を実現することができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、添付図面を参照して、この発明にかかる超音波診断装置の好適な実施の形態を詳細に説明する。なお、この実施の形態によって、この発明が限定されるものではない。

50

【 0 0 1 7 】

(実施の形態 1)

図 1 は、この発明の実施の形態 1 である超音波診断装置の一構成例を例示するブロック図である。図 1 において、この超音波診断装置 1 は、入力部 2、超音波振動子 3、送受信回路 4、B モードデータ演算部 5、グレイ画像データ生成部 6、速度データ演算部 7、カラー画像データ生成部 8、画像合成部 9、モニタ 10、記憶部 11、および制御部 12 を有する。

【 0 0 1 8 】

入力部 2 は、キーボード、タッチパネル、トラックボール、マウス、またはロータリスイッチ等を単一または組み合わせて用いることによって実現され、制御部 12 と電氣的に接続される。入力部 2 は、操作者による情報入力操作に応じ、超音波診断装置 1 の各構成部が行う動作の開始、終了、または切り替え等を指示する各種指示情報、超音波診断装置 1 の各構成部が行う演算処理の各種パラメータ情報、グレイ画像データを生成する場合に用いられるグレースケールデータに関するグレースケール情報、あるいはカラー画像データを生成する場合に用いられるカラースケールデータに関するカラースケール情報等を制御部 12 に入力する。

【 0 0 1 9 】

たとえば、入力部 2 は、操作者による情報入力操作に応じ、制御部 12 の動作モードを B モード、カラードブラ画像モード、またはティッシュドブラ画像モードに切替指示する動作モード指示情報を制御部 12 に入力する。また、入力部 2 は、操作者による情報入力操作に応じ、被検体内の関心領域にて動く所望の運動体の速度（関心速度）の速度レンジ（関心速度レンジ）を指示する関心速度レンジ指示情報を制御部 12 に入力する。なお、この B モードは、被検体内の超音波断層像すなわち B モード画像をモニタ 10 に表示出力する動作モードである。また、このカラードブラ画像モードは、血液等の比較的高速度で動く運動体の速度を検出するとともに速度画像として表示出力する速度表示モードであり、この速度画像としてカラードブラ画像を表示出力する動作モードである。さらに、このティッシュドブラ画像モードは、生体組織等の比較的低速度で動く運動体の速度を検出するとともに速度画像として表示出力する速度表示モードであり、この速度画像としてティッシュドブラ画像を表示出力する動作モードである。一方、この被検体内にて動く運動体は、たとえば血液、生体組織、または被検体内に入れられた超音波造影剤等であって、被検体内において超音波振動子 3 に対して動く各種物体である。

【 0 0 2 0 】

超音波振動子 3 は、チタン酸バリウムまたはチタン酸ジルコン酸鉛等の圧電材料が複数配列されたアレイ振動子を用いて実現され、送受信回路 4 と電氣的に接続される。超音波振動子 3 は、送受信回路 4 から受信した電氣的パルス信号を逆圧電効果によって音響的パルス信号すなわち超音波に変換出力する機能と、この変換出力した音響的パルス信号の反射信号（エコー信号）を圧電効果によって電氣的パルス信号に変換するとともにこの電氣的パルス信号を送受信回路 4 に出力する機能とを有する。この場合、超音波振動子 3 は、送受信回路 4 から順次受信した電氣的パルス信号に基づき、たとえば被検体内に音響的パルス信号を順次送信するとともにこの被検体内からのエコー信号を順次受信し、このエコー信号に対応する電氣的パルス信号を送受信回路 4 に順次送信する。すなわち、超音波振動子 3 は、被検体内の各音線方向について送受信回路 4 から電氣的パルス信号を複数回繰り返し受信することによって、被検体内の音線方向毎に音響的パルス信号を同じ複数回送信するとともにこのエコー信号を同じ複数回受信する動作を繰り返す。この場合、超音波振動子 3 は、送受信回路 4 の制御のもと、被検体内の 1 断層面（1 フレーム）毎に複数回の超音波スキャンを行うことができる。

【 0 0 2 1 】

送受信回路 4 は、上述した電氣的パルス信号を超音波振動子 3 に順次送信するとともに超音波振動子 3 によって変換出力された電氣的パルス信号を順次受信する送受信制御を行うビームフォーミング回路を用いて実現され、超音波振動子 3、B モードデータ演算部 5

10

20

30

40

50

、および速度データ演算部 7 とそれぞれ電氣的に接続される。送受信回路 4 は、制御部 1 2 から受信した制御信号に基づき、上述した被検体内の各音線方向について複数回繰り返し送信する電氣的パルス信号の繰り返し周波数を設定する。また、送受信回路 4 は、制御部 1 2 の制御のもと、上述した各音線方向について、予め設定された可変の繰り返し回数から電氣的パルス信号の繰り返し回数を決定するとともに、この決定した繰り返し回数の電氣的パルス信号を繰り返し送受信する。これによって、送受信回路 4 は、制御部 1 2 の制御のもと、被検体内の 1 フレーム毎に上述した複数回の超音波スキャンによる複数の超音波データを得ることができる。さらに、送受信回路 4 は、制御部 1 2 の動作モードが B モードである場合、制御部 1 2 の制御のもと、これら複数の超音波データを B モードデータ演算部 5 に送信する。一方、送受信回路 4 は、制御部 1 2 の動作モードが速度表示モードである場合、制御部 1 2 の制御のもと、B モードデータ演算部 5 および速度データ演算部 7 に対し、これら複数の超音波データを被検体内の 1 フレーム毎に交互に送信する。

10

【 0 0 2 2 】

なお、送受信回路 4 は、特公平 6 - 2 1 3 4 号公報に開示されている方法とほぼ同様に、同一の音線方向に送受信される音響的パルス信号に対応する電氣的パルス信号の送受信を繰り返し行うとともに他の音線方向に送受信される音響的パルス信号に対応する電氣的パルス信号の送受信を行ってもよいし、同一の音線方向に送受信される音響的パルス信号に対応する電氣的パルス信号の送受信を所定回数繰り返し行い、その後、別の音線方向に送受信される音響的パルス信号に対応する電氣的パルス信号の送受信を繰り返すようにしてもよい。

20

【 0 0 2 3 】

B モードデータ演算部 5 は、送受信回路 4 から受信した超音波データをもとに被検体内の超音波断層像 (B モード画像) に対応する B モードデータを演算出力する周知の演算処理回路を用いて実現され、送受信回路 4 およびグレー画像データ生成部 6 とそれぞれ電氣的に接続される。具体的には、B モードデータ演算部 5 は、制御部 1 2 の制御のもと、被検体内の 1 フレーム毎に送受信回路 4 から順次受信する複数の超音波データを用いてバンドパスフィルタ処理、ログ圧縮処理、ゲイン調整処理、コントラスト調整処理、およびフレーム相関処理等を行い、被検体内の 1 フレーム毎の B モード画像に対応する B モードデータを演算出力する。この場合、B モードデータ演算部 5 は、被検体内の 1 フレーム毎に送受信回路 4 から受信した複数の超音波データを用い、被検体内の 1 フレーム毎の B モードデータを順次演算出力してもよいし、被検体内の 3 次元領域に配列された複数の B モード画像に対応する B モードデータを順次演算出力してもよい。また、B モードデータ演算部 5 は、得られた B モードデータをグレー画像データ生成部 6 に送信する。

30

【 0 0 2 4 】

グレー画像データ生成部 6 は、B モードデータ演算部 5 から受信した B モードデータ、所定のグレースケールデータ、および所定のルックアップテーブルをもとにグレー画像データを生成出力する周知の演算処理回路を用いて実現され、B モードデータ演算部 5 および画像合成部 9 とそれぞれ電氣的に接続される。具体的には、グレー画像データ生成部 6 は、制御部 1 2 に制御のもと、このグレースケールデータおよびルックアップテーブルを用い、B モードデータ演算部 5 から受信した B モードデータをグレー画像データに順次変換出力する。このグレー画像データは、この B モードデータに対応する B モード画像をグレー画像としてモニタ 9 に表示出力するための画像データである。グレー画像データ生成部 6 は、変換出力したグレー画像データを画像合成部 9 に順次送信する。

40

【 0 0 2 5 】

また、グレー画像データ生成部 6 は、R A M (Random Access Memory) または R O M (Read Only Memory) 等を用いた記憶部 (図示せず) を有し、このグレースケールデータおよびルックアップテーブルを更新可能に保持する。この場合、グレー画像データ生成部 6 は、操作者が入力部 2 を用いて所望のグレースケール情報の入力操作を行うことによって、制御部 1 2 を介してこの所望のグレースケール情報に対応する所望のグレースケールデータを更新可能に保持することができる。このグレースケールデータは、上述した B モー

50

ドデータの値に応じて光の3原色(赤、緑、青)の各輝度を変えた色のデータであって、このBモードデータに対する色の变化特性を変更可能である。すなわち、グレー画像データ生成部6は、この所望のグレースケールデータを用いることによって、上述したBモードデータに対応する所望輝度のグレー画像データを生成出力できる。

【0026】

速度データ演算部7は、送受信回路4およびカラー画像データ生成部8とそれぞれ電氣的に接続され、制御部12の制御のもと、送受信回路4から受信した超音波データと制御部12から受信したパラメータ信号とをともに上述した運動体の速度を演算出力するように機能する。すなわち、速度データ演算部7は、制御部12の動作モードが速度表示モードである場合、制御部12の制御のもと、被検体内の1フレーム毎に送受信回路4から順次受信する複数の超音波データと制御部12からのパラメータ信号に基づく各種パラメータとをともに、被検体内の1フレーム毎の各空間位置について、この運動体の速度を演算出力する。この場合、速度データ演算部7は、被検体内の1フレーム毎の各空間位置について、検査目的の運動体の速度に対応する速度データ(関心速度データ)または検査目的外の運動体の速度に対応する速度データ(目的外速度データ)をカラー画像データ生成部8に送信する。なお、速度データ演算部7の詳細な構成については、後述する。

【0027】

カラー画像データ生成部8は、速度データ演算部7から受信した各種速度データ、所定のカラースケールデータ、および所定のルックアップテーブルをともに各種カラー画像データを生成出力する演算処理回路を用いて実現され、速度データ演算部7および画像合成部9とそれぞれ電氣的に接続される。すなわち、カラー画像データ生成部8は、制御部12の動作モードが速度表示モードである場合、制御部12の制御のもと、被検体内の1フレーム毎の各空間位置について、このカラースケールデータおよびルックアップテーブルを用い、速度データ演算部7から受信した関心速度データをカラー画像データに順次変換出力するとともに、速度データ演算部7から受信した目的外速度データを目的外カラー画像データに順次変換出力する。このカラー画像データは、この関心速度データに対応する運動体の速度をカラー表示するカラー画像すなわち速度画像をモニター9に表示出力するための画像データである。一方、この目的外カラー画像データは、この目的外速度データに対応する運動体の速度に対して所定色たとえば黒色が割り当てられた画像データであって、モニター9に表示出力させない画像データである。カラー画像データ生成部8は、被検体内の1フレーム毎の各空間位置について、変換出力したカラー画像データと変換出力した目的外カラー画像データとを画像合成部9に順次送信する。この場合、カラー画像データ生成部8は、この目的外速度データに対応する運動体の速度のカラー画像をモニター9に表示出力させない制御信号として、この目的外カラー画像データを画像構成部9に送信する。

【0028】

また、カラー画像データ生成部8は、RAMまたはROM等を用いた記憶部(図示せず)を有し、このカラースケールデータおよびルックアップテーブルを更新可能に保持する。この場合、カラー画像データ生成部8は、操作者が入力部2を用いて所望のカラースケール情報の入力操作を行うことによって、制御部12を介してこの所望のカラースケール情報に対応する所望のカラースケールデータを更新可能に保持することができる。このカラースケールデータは、光の3原色(赤、緑、青)の輝度または色相等に関する所定の組合せによって構成される色のデータであって、上述したカラースケール情報に基づきこの組合せが変更可能である。カラー画像データ生成部8は、保持するカラースケールデータと制御部12からのパラメータ信号とを用い、上述したエリアジングを起こさずに被検体内の所望の運動体の速度を検出可能な速度レンジ(検出可能速度レンジ)内の速度毎にこのカラースケールデータの各輝度または各色相をそれぞれ割り当てる。この検出可能速度レンジは、上述した関心速度レンジ以上に広い速度レンジであって、この関心速度レンジを少なくとも含む速度レンジである。すなわち、カラー画像データ生成部8は、このパラメータ信号に基づく検出可能速度レンジ内の速度毎にこのカラースケールデータの各輝度

10

20

30

40

50

または各色相を割り当てることによって、この検出可能速度レンジに含まれる關心速度レンジ内の速度毎にこのカラースケールデータの各輝度または各色相を割り当てるとともに、この検出可能速度レンジに含まれる關心速度レンジ外の速度毎にこのカラースケールデータの残りの各輝度または各色相を割り当てることができる。

【 0 0 2 9 】

画像合成部 9 は、制御部 1 2 の動作モードが速度表示モードである場合、制御部 1 2 の制御のもと、グレー画像データ生成部 6 から受信したグレー画像データとカラー画像データ生成部 8 から受信したカラー画像データまたは目的外カラー画像データとを上述した被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置について合成し、合成画像データを得る。この場合、画像合成部 9 は、被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置において、グレー画像データにカラー画像データを上書きするとともに目的外カラー画像データにグレー画像データを上書きする。すなわち、この合成画像データは、被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置において、各カラー画像データに対応する各空間位置にカラー画像データがそれぞれ構成され、それ以外の各空間位置に各グレー画像データがそれぞれ構成される。その後、画像合成部 9 は、得られた合成画像データを表示画像データに変換するとともに、この表示画像データをモニタ 1 0 に送信する。モニタ 1 0 は、画像合成部 9 と電氣的に接続され、画像合成部 9 から受信した表示画像データをもとに、この合成画像データに対応する超音波断層像および速度画像を表示出力する。すなわち、モニタ 1 0 は、画像合成部 9 から順次受信した表示画像データ毎に合成画像データに対応する超音波断層像および速度画像をリアルタイムに順次更新する。

【 0 0 3 0 】

一方、画像合成部 9 は、制御部 1 2 の動作モードが B モードである場合、制御部 1 2 の制御のもと、グレー画像データ生成部 6 から受信したグレー画像データを表示画像データに変換するとともに、この表示画像データをモニタ 1 0 に送信する。この場合、モニタ 1 0 は、画像合成部 9 から受信した表示画像データをもとに、このグレー画像データに対応する超音波断層像を表示出力する。すなわち、モニタ 1 0 は、画像合成部 9 から順次受信した表示画像データ毎にグレー画像データに対応する超音波断層像をリアルタイムに順次更新する。

【 0 0 3 1 】

また、画像合成部 9 は、グレー画像データ生成部 6 から直接または制御部 1 2 を介してグレースケールデータが入力された場合、このグレースケールデータを表示画像データに変換するとともに、この表示画像データをモニタ 1 0 に送信する。この場合、モニタ 1 0 は、画像合成部 9 から受信した表示画像データをもとに、このグレースケールデータに対応するグレースケールを表示出力する。これと同様に、画像合成部 9 は、カラー画像データ生成部 8 から直接または制御部 1 2 を介してカラースケールデータが入力された場合、このカラースケールデータを表示画像データに変換するとともに、この表示画像データをモニタ 1 0 に送信する。この場合、モニタ 1 0 は、画像合成部 9 から受信した表示画像データをもとに、このカラースケールデータに対応するカラースケールを表示出力する。これによって、モニタ 1 0 は、グレースケールと超音波断層像とを同一画面上に表示出力でき、またはグレースケールおよびカラースケールと超音波断層像および速度画像とを同一画面上に表示出力できる。

【 0 0 3 2 】

記憶部 1 1 は、EEPROM またはフラッシュメモリ等の各種 IC メモリ、ハードディスクドライブ、あるいは光磁気ディスクドライブ等のデータの書き込みおよび読み出しが可能な各種記憶装置を用いて実現される。記憶部 1 1 は、制御部 1 2 の制御のもと、制御部 1 2 から入力された合成画像データ、グレー画像データ、またはカラー画像データ等の各種画像データを記憶する。また、記憶部 1 1 は、制御部 1 2 の制御のもと、各種パラメータ情報、グレースケール情報、またはカラースケール情報等の制御部 1 2 から入力された各種情報を記憶する。さらに、記憶部 1 1 は、制御部 1 2 の制御のもと、これらの記憶した各種情報を制御部 1 2 に送信する。

【 0 0 3 3 】

制御部 1 2 は、処理プログラム等の各種データが予め記憶された R O M と、演算パラメータ等を一時的に記憶する R A M と、この処理プログラムを実行する C P U とを用いて実現される。制御部 1 2 は、入力部 2、送受信回路 4、B モードデータ演算部 5、グレー画像データ生成部 6、速度データ演算部 7、カラー画像データ生成部 8、画像合成部 9、および記憶部 1 1 と電氣的に接続され、上述したように、これらの各構成部の動作および各種情報の入出力を制御する。

【 0 0 3 4 】

また、制御部 1 2 は、入力部 2 から入力された動作モード指示情報に基づき、B モード、カラードブラ画像モード、またはティッシュドブラ画像モードに動作モードを切り替える。その後、制御部 1 2 は、この動作モードに応じ、上述したように、送受信回路 4、B モードデータ演算部 5、グレー画像データ生成部 6、速度データ演算部 7、カラー画像データ生成部 8、および画像合成部 9 の各動作と情報入出力とを制御する。

10

【 0 0 3 5 】

さらに、制御部 1 2 は、入力部 2 から入力された関心速度レンジ指示情報に基づき、被検体内の関心領域にて動く所望の運動体の関心速度レンジ $\pm V_i$ を一意的に設定するとともに、この関心速度レンジ $\pm V_i$ を関心速度の検出可能な速度レンジとして設定した場合の繰り返し周波数である基準繰り返し周波数 f_i を算出する。なお、関心速度レンジ $\pm V_i$ は、その最小速度 $-V_i$ からその最大速度 V_i までの各速度を含む速度レンジとして定義する。その後、制御部 1 2 は、この基準繰り返し周波数 f_i を用い、送受信回路 4 が送受信する電氣的パルス信号の繰り返し回数を制御するための実繰り返し周波数 f_r を設定するとともに、この実繰り返し周波数 f_r に対応する制御信号を送受信回路 4 に送信する。この場合、送受信回路 4 は、この制御部 1 2 からの制御信号に基づき、上述した電氣的パルス信号の繰り返し周波数を設定する。また、送受信回路 4 は、予め設定された可変の繰り返し回数をもとに、送受信する電氣的パルス信号の繰り返し回数を決定する。

20

【 0 0 3 6 】

また、制御部 1 2 は、この関心速度レンジ $\pm V_i$ を少なくとも用い、被検体内の関心領域にて動く所望の運動体の検出可能速度レンジ $\pm V_r$ を設定する。この場合、制御部 1 2 は、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ を関心速度レンジ $\pm V_i$ に対して可変に設定する。なお、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ は、その最小速度 $-V_r$ からその最大速度 V_r までの各速度を含む速度レンジとして定義する。さらに、制御部 1 2 は、被検体内の関心領域にて動く目的外の運動体の速度成分を除去するためのカットオフ周波数 f_c を算出する。その後、制御部 1 2 は、実繰り返し周波数 f_r およびカットオフ周波数 f_c に対応する各パラメータ信号を速度データ演算部 7 に送信する。また、制御部 1 2 は、関心速度レンジ $\pm V_i$ および検出可能速度レンジ $\pm V_r$ に対応する各パラメータ信号をカラー画像データ生成部 8 に送信する。

30

【 0 0 3 7 】

つぎに、速度データ演算部 7 の構成について詳細に説明する。図 2 は、速度データ演算部 7 の一構成を詳細に例示するブロック図である。図 2 において、速度データ演算部 7 は、複素信号化回路 7 1、フィルタ 7 2、自己相関回路 7 3、運動情報演算部 7 4、およびしきい値処理回路 7 5 を有する。

40

【 0 0 3 8 】

複素信号化回路 7 1 は、直交検波器を用いて実現され、送受信回路 4 から受信した超音波データに対応する電氣的パルス信号を複素信号に変換するように機能する。具体的には、複素信号化回路 7 1 は、互いに位相が 90 度異なる正弦波信号とこの送受信回路 4 から受信した電氣的パルス信号とを用いて乗算処理を行い、得られた電氣信号をローパスフィルタに通すことによってこの複素信号を取得する。その後、複素信号化回路 7 1 は、この取得した複素信号をフィルタ 7 2 に送信する。

【 0 0 3 9 】

たとえば、制御部 1 2 の動作モードがカラードブラ画像モードまたはティッシュドブラ

50

画像モードである場合に、送受信回路 4 は、制御部 1 2 の制御のもと、所望の運動体を検出する音線方向毎に電気的パルス信号の送受信を上述した繰り返し回数（たとえば 8 回程度）ずつ繰り返し行う。この場合、複素信号化回路 7 1 は、所望の運動体を検出する音線方向毎に、この繰り返し回数と同数（たとえば 8 つ）の超音波データ群に対応する電気的パルス信号群を送受信回路 4 から受信するとともに、この電気的パルス信号群を変換した複素信号群を取得する。すなわち、複素信号化回路 7 1 は、被検体内の関心領域における 2 次元空間または 3 次元空間の各位置について、所望の運動体を検出した超音波データ群に対応する複素信号群を取得する。この場合、複素信号化回路 7 1 は、この取得した複素信号群をフィルタ 7 2 に送信する。

【 0 0 4 0 】

10

なお、複素信号化回路 7 1 は、R A M 等のメモリ（図示せず）を有するようにし、この取得した複素信号群を保持してもよい。また、複素信号化回路 7 1 は、この取得した複素信号群を制御部 1 2 に送信し、制御部 1 2 がこの複素信号群を保持管理してもよい。

【 0 0 4 1 】

フィルタ 7 2 は、D S P (Digital Signal Processor) または F P G A (Field Programmable Gate Array) 等を用いたデジタル F I R (Finite Impulse Response) フィルタまたはデジタル I I R (Infinite Impulse Response) フィルタを用いて実現される。フィルタ 7 2 は、制御部 1 2 の制御のもと、複素信号化回路 7 1 から順次受信した複素信号群の実数信号群および虚数信号群についてそれぞれ個別にフィルタ処理を行う。

【 0 0 4 2 】

20

たとえば、制御部 1 2 の動作モードがカラードブラ画像モードである場合、制御部 1 2 は、上述したカットオフ周波数 f_c に対応するパラメータ信号をフィルタ 7 2 に送信する。フィルタ 7 2 は、制御部 1 2 からこのパラメータ信号を受信するとともに、受信したパラメータ信号に基づき、このフィルタ処理のカットオフ周波数 f_c を設定する。この場合、フィルタ 7 2 は、血液等に例示される比較的高速度運動の運動体の速度を検出する場合にこの複素信号群に対してフィルタ処理を行う周知の M T I フィルタとして機能し、この複素信号群から低周波成分すなわち変動の少ない成分をノイズとして除去する。このことは、この複素信号群から比較的低速度運動の運動体の速度に対応する成分を除去することに相当する。その後、フィルタ 7 2 は、このフィルタ処理によって低周波成分を除去した実数信号群および虚数信号群からなるフィルタ処理後の複素信号群を自己相関回路 7 3 に

30

【 0 0 4 3 】

一方、制御部 1 2 の動作モードがティッシュドブラ画像モードである場合、フィルタ 7 2 は、制御部 1 2 の制御のもと、所定のフィルタ係数を設定するとともに、生体組織等に例示される比較的低速度運動の運動体の速度を検出する場合にこの複素信号群に対してフィルタ処理を行う周知のローパスフィルタとして機能する。この場合、フィルタ 7 2 は、この複素信号群から高周波成分すなわち変動の大きい成分をノイズとして除去する。このことは、この複素信号群から比較的高速度運動の運動体の速度に対応する成分を除去することに相当する。その後、フィルタ 7 2 は、このフィルタ処理によって低周波成分を除去した実数信号群および虚数信号群からなるフィルタ処理後の複素信号群を自己相関回路 7 3 に送信する。なお、フィルタ 7 2 は、制御部 1 2 の動作モードがティッシュドブラ画像モードである場合、制御部 1 2 の制御のもと、フィルタとしての機能を停止させてもよい。この場合、フィルタ 7 2 は、複素信号化回路 7 1 から受信した複素信号群にフィルタ処理を行わずに、この複素信号群を自己相関回路 7 3 に送信する。

40

【 0 0 4 4 】

自己相関回路 7 3 は、D S P または F P G A 等を用いて実現され、フィルタ 7 2 から受信した複素信号群をもとに、この複素信号群の複素自己相関値 R を算出する。たとえば、この複素信号群に含まれる N 個 ($N: 2$ 以上の整数) の複素信号のうちの a 番目の複素信号を示す複素数 Z_a は、次式 (1) によって表される。

$$Z_a = x_a + j y_a \quad (a = 1 \sim N) \quad \dots (1)$$

50

この場合、自己相関回路 7 3 は、次式 (2) に基づき、この複素信号群の複素自己相関値 R を算出する。

【 0 0 4 5 】

【 数 1 】

$$R = \sum_{a=1}^{N-1} Z_{a+1} \times Z_a^* \quad \dots(2)$$

なお、式 (2) の複素数 Z_a^* は、複素数 Z_a と共役な複素数である。自己相関回路 7 3 は、式 (2) に基づき算出した複素自己相関値 R に対応する電気信号を運動情報演算部 7 4 へ出力する。

【 0 0 4 6 】

運動情報演算部 7 4 は、DSP または FPGA 等を用いて実現され、制御部 1 2 の制御のもと、被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置について所望の運動体の速度 V とエコー強度 I とをそれぞれ算出する。具体的には、運動情報演算部 7 4 は、自己相関回路 7 3 から受信した電気信号に基づく複素自己相関値 R と、制御部 1 2 から受信したパラメータ信号に基づく実繰り返し周波数 f_r と、音速 c と、送受信回路 4 が送受信する電気的パルス信号の中心周波数 f_0 とを用い、次式 (3) に基づいて速度 V を算出する。また、運動情報演算部 7 4 は、次式 (4) に基づき、エコー強度 I を算出する。

【 0 0 4 7 】

【 数 2 】

$$V = \frac{c}{4\pi \times f_0 \times T} \times \tan^{-1} \left(\frac{R_y}{R_x} \right) \quad \dots(3)$$

$$I = | R | \quad \dots(4)$$

なお、式 (3) において、運動情報演算部 7 4 は、複素自己相関値 R に基づきその実数成分 R_x とその虚数成分 R_y とを取得する。また、運動情報演算部 7 4 は、実繰り返し周波数 f_r の逆数として周期 T を取得する。すなわち、周期 T は、送受信回路 4 が被検体内の同一音線方向毎に電気的パルス信号を繰り返し送受信する場合の動作周期である。

【 0 0 4 8 】

その後、運動情報演算部 7 4 は、被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置について、式 (3) に基づき算出した速度 V に対応する電気信号と式 (4) に基づき算出したエコー強度 I に対応する電気信号とをしきい値処理回路 7 5 へ出力する。また、運動情報演算部 7 4 は、制御部 1 2 の制御のもと、式 (3) に基づき算出した速度 V に対応する電気信号を制御部 1 2 へ送信する。これによって、制御部 1 2 は、運動情報演算部 7 4 が算出した運動体の速度 V をリアルタイムにて検出できる。

【 0 0 4 9 】

なお、運動情報演算部 7 4 は、RAM 等のメモリ (図示せず) を有するようにし、音速 c および中心周波数 f_0 等の演算パラメータを予め保持してもよい。また、運動情報演算部 7 4 は、音速 c および中心周波数 f_0 等の演算パラメータを制御部 1 2 からのパラメータ信号に基づき取得してもよい。

【 0 0 5 0 】

しきい値処理回路 7 5 は、DSP または FPGA 等を用いて実現され、制御部 1 2 の制御のもと、運動情報演算部 7 4 が算出した運動体の速度 V が速度画像としてモニタ 1 0 に表示すべき運動体の速度であるか否かを判定する表示判定処理を行う。この場合、しきい値処理回路 7 5 は、運動情報演算部 7 4 から受信した各電気信号に基づき、被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置の速度 V およびエコー強度 I をそれぞれ取得し、取得した各速度

10

20

30

40

50

Vと速度に関する所定の速度しきい値とを比較するとともに、取得した各エコー強度Iとエコー強度に関する所定の強度しきい値とを比較することによって、この表示判定処理を行う。

【0051】

たとえば、制御部12の動作モードがカラードブラ画像モードである場合、しきい値処理回路75は、制御部12の制御のもと、被検体内の1フレーム毎の各空間位置の各速度Vと速度しきい値 V_{TH1} とを比較し、これら各速度Vが次式(5)を満足するか否かを判定する。

$$|V| > V_{TH1} \quad \dots (5)$$

これと同時に、しきい値処理回路75は、制御部12の制御のもと、被検体内の1フレーム毎の各空間位置の各エコー強度Iと強度しきい値 I_{TH1} 、 I_{TH2} とを比較し、これら各エコー強度Iが次式(6)を満足するか否かを判定する。

$$I_{TH1} < I < I_{TH2} \quad \dots (6)$$

なお、速度しきい値 V_{TH1} は、これらの各速度Vが血液等の比較的高速度にて動く運動体の速度であるか否かを判定するためのしきい値である。強度しきい値 I_{TH1} は、取得したエコー強度Iがノイズであるか否かを判定するためのしきい値である。強度しきい値 I_{TH2} は、これらの各速度Vにて動く運動体が生体組織等の固体であるか血液等の流体であるかを判定するためのしきい値である。

【0052】

この場合、しきい値処理回路75は、式(5)を満足する速度Vを検査目的の比較的高速度にて動く運動体の速度と判定する。また、しきい値処理回路75は、強度しきい値 I_{TH1} 以下のエコー強度Iをノイズと判定し、強度しきい値 I_{TH2} 未満のエコー強度Iに関連する速度Vを血液等の流体の速度と判定し、強度しきい値 I_{TH2} より大きいエコー強度Iに関連する速度Vを生体組織等の固体の速度と判定する。したがって、しきい値処理回路75は、カラードブラ画像モードにおいて、式(5)を満足しかつ式(6)を満足するエコー強度Iに関連する速度Vを速度画像としてモニタ10に表示すべき所望の運動体の速度と判定する。これによって、しきい値処理回路75は、被検体内の1フレーム毎の各空間位置の速度Vが速度画像としてモニタ10に表示すべき所望の運動体たとえば血液の速度であるか否かを判定できる。その後、しきい値処理回路75は、被検体内の1フレーム毎の各空間位置について、式(5)を満足しかつ式(6)を満足するエコー強度Iに関連する速度Vを上述した関心速度データとしてカラー画像データ生成部8に送信し、それ以外の速度Vを上述した目的外速度データとしてカラー画像データ生成部8に送信する。この場合、しきい値処理回路75は、式(5)を満足しない速度Vまたは式(6)を満足しないエコー強度Iに関連する速度Vを速度零に置き換え、この速度零のデータを上述した目的外速度データとしてカラー画像データ生成部8に送信してもよい。

【0053】

なお、これらの速度しきい値 V_{TH1} または強度しきい値 I_{TH1} 、 I_{TH2} の各最適値は実験的に取得することができる。また、しきい値処理回路75は、これらの速度しきい値 V_{TH1} または強度しきい値 I_{TH1} 、 I_{TH2} を適切に設定すれば、血液以外の運動体についても同様に表示判定処理を行うことができる。さらに、しきい値処理回路75は、RAM等のメモリ(図示せず)を有するようにし、速度しきい値 V_{TH1} または強度しきい値 I_{TH1} 、 I_{TH2} を予め保持してもよい。また、しきい値処理回路75は、速度しきい値 V_{TH1} または強度しきい値 I_{TH1} 、 I_{TH2} を制御部12からのパラメータ信号に基づき取得してもよい。

【0054】

一方、制御部12の動作モードがティッシュドブラ画像モードである場合、しきい値処理回路75は、制御部12の制御のもと、被検体内の1フレーム毎の各空間位置の各速度Vと速度しきい値 V_{TH2} とを比較し、これら各速度Vが次式(7)を満足するか否かを判定する。

$$|V| < V_{TH2} \quad \dots (7)$$

これと同時に、しきい値処理回路75は、制御部12の制御のもと、被検体内の1フレー

10

20

30

40

50

ム毎の各空間位置の各エコー強度 I と強度しきい値 I_{TH3} とを比較し、これら各エコー強度 I が次式 (8) を満足するか否かを判定する。

$$I > I_{TH3} \quad \dots (8)$$

なお、速度しきい値 V_{TH2} は、これらの各速度 V が生体組織等の比較的 low 速度にて動く運動体の速度であるか否かを判定するためのしきい値である。強度しきい値 I_{TH3} は、これらの各速度 V にて動く運動体が生体組織等の固体であるか否かを判定するためのしきい値である。

【0055】

この場合、しきい値処理回路 75 は、式 (7) を満足する速度 V を検査目的の比較的 low 速度にて動く運動体の速度と判定する。また、しきい値処理回路 75 は、強度しきい値 I_{TH3} より大きいエコー強度 I に関連する速度 V を生体組織等の固体の速度と判定する。したがって、しきい値処理回路 75 は、ティッシュドプラ画像モードにおいて、式 (7) を満足しかつ式 (8) を満足するエコー強度 I に関連する速度 V を速度画像としてモニター 10 に表示すべき所望の運動体の速度と判定する。これによって、しきい値処理回路 75 は、被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置の速度 V が速度画像としてモニター 10 に表示すべき所望の運動体たとえば生体組織の速度であるか否かを判定できる。その後、しきい値処理回路 75 は、被検体内の 1 フレーム毎の各空間位置について、式 (7) を満足しかつ式 (8) を満足するエコー強度 I に関連する速度 V を上述した関心速度データとしてカラー画像データ生成部 8 に送信し、それ以外の速度 V を上述した目的外速度データとしてカラー画像データ生成部 8 に送信する。この場合、しきい値処理回路 75 は、式 (7) を満足しない速度 V または式 (8) を満足しないエコー強度 I に関連する速度 V を速度零に置き換え、この速度零のデータを上述した目的外速度データとしてカラー画像データ生成部 8 に送信してもよい。

【0056】

なお、これらの速度しきい値 V_{TH2} または強度しきい値 I_{TH3} の各最適値は実験的に取得することができる。また、しきい値処理回路 75 は、速度しきい値または強度しきい値を適切に設定すれば、生体組織以外の運動体についても同様に表示判定処理を行うことができる。さらに、しきい値処理回路 75 は、速度しきい値 V_{TH2} または強度しきい値 I_{TH3} を予め保持してもよいし、制御部 12 から受信したパラメータ信号に基づき取得してもよい。

【0057】

つぎに、制御部 12 が、カラードプラ画像モードにおいて被検体内の運動体の速度を示す速度画像すなわちカラードプラ画像をモニター 10 に表示出力させるまでの処理手順について詳細に説明する。図 3 は、被検体内の運動体の速度画像をモニター 10 に表示出力させるまでに制御部が行う処理手順を例示するフローチャートである。図 4 は、被検体内の B モード画像とカラードプラ画像とを含むモニター画像の一表示例を模式的に例示する模式図である。

【0058】

図 3 において、まず、操作者は、入力部 2 を用い、被検体内にて動く所望の運動体についての関心のある速度レンジすなわち上述した関心速度レンジを選択する操作を行う。たとえば、入力部 2 には、この選択される関心速度レンジとして、超音波振動子 3 の種類、被検体の観察部位、または送受信する音響的パルス信号の周波数等によって決定する所望数の選択肢が設定される。操作者は、この入力部 2 に設定された選択肢たとえば 5 cm/s 、 10 cm/s 、 20 cm/s 、および 40 cm/s 等の関心速度レンジを示す所望の速度間隔の選択肢の中から、所望の関心速度レンジを選択する操作を行う。この場合、入力部 2 は、操作者が選択した関心速度レンジを設定指示する関心速度レンジ指示情報を制御部 12 に入力する。制御部 12 は、入力部 2 から入力された関心速度レンジ指示情報を検知し (ステップ S101, Yes)、検知した関心速度レンジ指示情報に基づき、上述した関心速度レンジ V_i を設定する。これと同時に、制御部 12 は、次式 (9) に基づき、上述した基準繰り返し周波数 f_i を算出する (ステップ S102)。

【 0 0 5 9 】

【 数 3 】

$$f_i = \frac{4 \times f_0 \times V_i}{c} \quad \dots(9)$$

なお、式(9)において、最大速度 V_i は、上述したように、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の最大速度である。

【 0 0 6 0 】

10

一方、操作者が入力部2を用いて関心速度レンジを選択する操作を行わなければ、制御部12は、関心速度レンジ指示情報を検知せずに(ステップS101, No)、このステップS101の処理手順を繰り返す。

【 0 0 6 1 】

つぎに、制御部12は、ステップS102にて算出した基準繰り返し周波数 f_i と予め設定された可変の係数パラメータ (: 1 以上の実数) とを用い、上述した実繰り返し周波数 f_r を設定する実繰り返し周波数設定処理を行う(ステップS103)。この場合、制御部12は、次式(10)に基づく実繰り返し周波数 f_r を取得するとともに、上述したように、この取得した実繰り返し周波数 f_r を示すパラメータ信号を運動情報演算部74に送信する。

20

$$f_r = \alpha \times f_i \quad \dots(10)$$

【 0 0 6 2 】

その後、制御部12は、ステップS103にて設定した実繰り返し周波数 f_r と上述した中心周波数 f_0 および音速 c とを用いて上述した検出可能速度レンジ $\pm V_r$ の最大速度 V_r を算出し、この算出した最大速度 V_r とこの最大速度 V_r の符号を反転した最小速度 $-V_r$ とによる検出可能速度レンジ $\pm V_r$ を設定する(ステップS104)。なお、制御部12によって設定された関心速度レンジ $\pm V_i$ の最大速度 V_i が式(9)に基づき次式(11)によって表されるので、制御部12は、次式(12)に基づき、この最大速度 V_r を算出できる。

【 0 0 6 3 】

30

【 数 4 】

$$V_i = \frac{c \times f_i}{4 \times f_0} \quad \dots(11)$$

【 0 0 6 4 】

【 数 5 】

40

$$V_r = \frac{c \times f_r}{4 \times f_0} = \alpha \times V_i \quad \dots(12)$$

【 0 0 6 5 】

つぎに、制御部12は、上述した関心速度レンジ $\pm V_i$ および検出可能速度レンジ $\pm V_r$ を取得した場合、この関心速度レンジ $\pm V_i$ の最大速度 V_i と検出可能速度レンジ $\pm V_r$ の最大速度 V_r と予め設定された係数パラメータ (: 正の小数) とを用い、次式(13)に基づき、上述したカットオフ周波数 f_c を算出する。これと同時に、制御部12

50

は、この算出したカットオフ周波数 f_c を示すパラメータ信号をフィルタ 7 2 に送信することによって、フィルタ 7 2 にカットオフ周波数 f_c の設定指示を行う（ステップ S 1 0 5）。この場合、フィルタ 7 2 は、このカットオフ周波数 f_c をフィルタ処理のカットオフ周波数として設定するとともに、上述した M T I フィルタとして機能するようになる。

【 0 0 6 6 】

【数 6】

$$f_c = \beta \times f_i \times \frac{V_i}{V_r} = \frac{\beta \times f_i}{\alpha} \quad \dots(13)$$

10

【 0 0 6 7 】

なお、係数パラメータ β は、速度検出の対象となる運動体に応じて可変に設定される。制御部 1 2 は、操作者による入力部 2 の操作に応じて係数パラメータ β を可変に設定する。たとえば、係数パラメータ β は、速度検出の対象となる運動体が血液等の比較的高速度にて動く運動体である場合、0.1 ~ 0.2 程度の値に設定されることが望ましい。

【 0 0 6 8 】

その後、制御部 1 2 は、上述した関心速度レンジ V_i および検出可能速度レンジ V_r を示す各パラメータ信号をカラー画像データ生成部 8 に送信することによって、カラー画像データ生成部 8 に対し、上述したカラースケールデータと速度との対応付けを指示する（ステップ S 1 0 6）。この場合、カラー画像データ生成部 8 は、上述したように、保持するカラースケールデータとこれらの各パラメータ信号に基づく関心速度レンジ V_i および検出可能速度レンジ V_r とを用い、関心速度レンジ V_i 内の各速度にこのカラースケールデータの各輝度または各色相をそれぞれ割り当てる。これと同時に、カラー画像データ生成部 8 は、関心速度レンジ V_i 外の速度であって検出可能速度レンジ V_r 内の各速度にこのカラースケールデータの残りの各輝度または各色相をそれぞれ割り当てる。これによって、カラー画像データ生成部 8 は、このカラースケールデータと速度との対応付けを達成する。

20

【 0 0 6 9 】

上述したカットオフ周波数 f_c を示すパラメータ信号がフィルタ 7 2 に送信されかつ上述した関心速度レンジ V_i および検出可能速度レンジ V_r を示す各パラメータ信号がカラー画像データ生成部 8 に送信された場合、制御部 1 2 は、ステップ S 1 0 5 によるフィルタ 7 2 のカットオフ周波数 f_c の設定とステップ S 1 0 6 によるカラー画像データ生成部 8 の速度と対応付けられたカラースケールデータの設定とがともに完了したか否かを確認する。この場合、制御部 1 2 は、フィルタ 7 2 がカットオフ周波数 f_c を設定完了したことを示す応答信号に基づき、このカットオフ周波数 f_c の設定完了を確認し、カラー画像データ生成部 8 がカラースケールデータと速度との対応付けを完了したことを示す応答信号に基づき、この速度と対応付けられたカラースケールデータの設定完了を確認する。したがって、制御部 1 2 は、このフィルタ 7 2 からの応答信号またはこのカラー画像データ生成部 8 からの応答信号を受信しなければ、このカットオフ周波数 f_c の設定完了とこの速度と対応付けられたカラースケールデータの設定完了とをともに検知せず（ステップ S 1 0 7, No）、このステップ S 1 0 7 の処理手順を繰り返す。

30

40

【 0 0 7 0 】

一方、制御部 1 2 は、このフィルタ 7 2 からの応答信号とこのカラー画像データ生成部 8 からの応答信号とを受信した場合、このカットオフ周波数 f_c の設定完了とこの速度と対応付けられたカラースケールデータの設定完了とをともに検知し（ステップ S 1 0 7, Yes）、上述したステップ S 1 0 3 によって設定した実繰り返し周波数 f_r を示す制御信号を送受信回路 4 に送信することによって、送受信回路 4 に上述した電氣的パルス信号の送受信を指示する（ステップ S 1 0 8）。これによって、送受信回路 4 は、上述したように、この実繰り返し周波数 f_r に基づく回数の電氣的パルス信号を繰り返す。

50

返し送受信する。

【 0 0 7 1 】

つぎに、制御部 1 2 は、画像合成部 9 に対し、速度データ演算部 7 が算出した運動体の速度 V を示すカラードプラ画像と被検体内の B モード画像とを少なくとも含むモニタ画像をモニタ 1 0 に表示するように指示する（ステップ S 1 0 9）。この場合、画像合成部 9 は、制御部 1 2 の制御のもと、上述した合成画像データを生成するとともに、得られた合成画像データを上述した表示画像データに変換し、さらに、この表示画像データをモニタ 1 0 に送信する。モニタ 1 0 は、この画像合成部 9 から受信した表示画像データをもとに、図 4 に例示するモニタ画像 1 0 0 を表示出力する。たとえば、モニタ 1 0 は、図 4 に示すように、被検体内を示す B モード画像 1 0 1 と、この被検体内の所望領域すなわち関心領域にて動く運動体のカラードプラ画像 1 0 2 と、B モード画像 1 0 1 のグレースケール 1 0 3 と、カラードプラ画像 1 0 2 のカラースケール 1 0 4 とを含むモニタ画像 1 0 0 を表示出力する。この場合、操作者は、カラードプラ画像 1 0 2 とカラースケール 1 0 4 とを参照することによって、被検体内を比較的高速度にて動く所望の運動体の速度たとえば血液等の流速およびその向きを把握できる。なお、操作者は、入力部 2 を操作することによって、B モード画像 1 0 1 上のカラードプラ画像 1 0 2 の表示領域を所望の領域に設定できる。

10

【 0 0 7 2 】

その後、操作者が入力部 2 を用いて終了指示情報または関心速度レンジ指示情報の入力操作を行わなければ、制御部 1 2 は、これらの指示情報を検知せず（ステップ S 1 1 0 , No）、上述したステップ S 1 0 8 以降の処理手順を繰り返す。なお、この終了指示情報は、この所望の運動体の速度検出を終了指示するための指示情報であり、たとえば送受信回路 4 に対して上述した電氣的パルス信号の送受信終了を指示する指示情報である。

20

【 0 0 7 3 】

一方、制御部 1 2 は、入力部 2 から入力された指示情報を検知し（ステップ S 1 1 0 , Yes）、さらにこの検知した指示情報が上述した関心速度レンジ指示情報である場合（ステップ S 1 1 1、関心速度レンジ指示情報）、上述したステップ S 1 0 2 以降の処理手順を繰り返す。また、制御部 1 2 は、入力部 2 から入力された指示情報を検知し（ステップ S 1 1 0 , Yes）、この検知した指示情報が上述した終了指示情報である場合（ステップ S 1 1 1、終了指示情報）、たとえば送受信回路 4 に対して上述した電氣的パルス信号の送受信終了を指示し、この所望の運動体の速度検出に関する各種処理を終了させる。

30

【 0 0 7 4 】

なお、制御部 1 2 は、ティッシュードプラ画像モードにおいて上述したステップ S 1 0 1 ~ ステップ S 1 1 1 の各処理手順を行うことによって、被検体内の運動体の速度を示す速度画像すなわちティッシュードプラ画像をモニタ 1 0 に表示出力させることができる。この場合、制御部 1 2 は、上述したステップ S 1 0 5 の処理手順に代えて、フィルタ 7 2 に所定のフィルタ係数を設定させるとともにフィルタ 7 2 をローパスフィルタとして機能させる処理手順またはフィルタ 7 2 のフィルタとしての機能を停止させる処理手順を行う。これによって、モニタ 1 0 は、図 4 に示したモニタ画像 1 0 0 のカラードプラ画像 1 0 2 に代えてティッシュードプラ画像を表示出力し、かつカラースケール 1 0 4 に代えてこのティッシュードプラ画像のカラースケールを表示出力する。操作者は、このティッシュードプラ画像とこのカラースケールとを参照することによって、被検体内を比較的低速度にて動く所望の運動体の速度たとえば生体組織等の運動速度を把握できる。

40

【 0 0 7 5 】

つぎに、制御部 1 2 が上述したステップ S 1 0 3 の実繰り返し周波数設定処理を達成するまでの処理手順について詳細に説明する。図 5 は、ステップ S 1 0 3 の実繰り返し周波数設定処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。図 5 において、制御部 1 2 は、上述したステップ S 1 0 2 において基準繰り返し周波数 f_i を算出した場合、上述した式 (1 0) と同様に、この得られた基準繰り返し周波数 f_i と可変の係数パラメータ α の最大値である係数パラメータ α_{max} とを乗算することによって、仮の実繰り返し

50

返し周波数 $f_{r'}$ を算出する (ステップ S 2 0 1)。

【 0 0 7 6 】

その後、制御部 1 2 は、得られた仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ を徐々に基準繰り返し周波数 f_i に近づけるとともに、この得られた仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ を示す制御信号を送受信回路 4 に送信することによって、上述した送受信回路 4 による電気的パルス信号の送受信を制御する周波数スイープ処理を行う (ステップ S 2 0 2)。この場合、制御部 1 2 は、この基準繰り返し周波数 f_i に乗じた係数パラメータ k を最大値 ($k = k_{max}$) から所定の数値間隔にて $k = 1$ に近づけるように変化させ、仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ を順次変化させる。

【 0 0 7 7 】

さらに、制御部 1 2 は、このステップ S 2 0 2 の周波数スイープ処理を行う毎に、上述したステップ S 1 0 4 とほぼ同様に、仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ に対応する検出可能速度レンジの最大値である仮の最大速度 $V_{r'}$ を算出し、この得られた仮の最大速度 $V_{r'}$ に基づく仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ を設定する (ステップ S 2 0 3)。

【 0 0 7 8 】

なお、制御部 1 2 は、カラードプラ画像モードであれば、仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ を設定する毎に、上述したステップ S 1 0 5 とほぼ同様の処理手順を行って、フィルタ 7 2 にカットオフ周波数 f_c を仮に設定させてもよい。また、制御部 1 2 は、ティッシュードプラ画像モードであれば、仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ を設定した場合にフィルタ 7 2 に対し、フィルタとしての機能を停止させるように制御する。

【 0 0 7 9 】

一方、制御部 1 2 が仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ を示す制御信号を送受信回路 4 に送信した場合、送受信回路 4 は、制御部 1 2 の制御のもと、この仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ に基づく回数の電気的パルス信号を繰り返し送受信する。この場合、運動情報演算部 7 4 は、上述したように、この仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ に基づく回数の電気的パルス信号を繰り返し送受信することによって得られる超音波データ群に基づく被検体内の運動体の速度 V を算出する。制御部 1 2 は、運動情報演算部 7 4 に対してこの算出した速度 V をフィードバックするように制御し、運動情報演算部 7 4 からこの算出した速度 V を検出する (ステップ S 2 0 4)。

【 0 0 8 0 】

その後、制御部 1 2 は、運動情報演算部 7 4 から検出した速度 V を用い、ステップ S 2 0 3 において設定した仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ において上述したエリアジングが発生したか否かを判定する。この場合、制御部 1 2 は、この速度 V に符号の反転が発生したか否かによって、エリアジングが発生したか否かを判定する。ここで、係数パラメータ k がステップ S 2 0 2 の周波数スイープ処理において最大値 ($k = k_{max}$) の近傍である場合、この係数パラメータ k に基づく仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ が基準繰り返し周波数 f_i よりも十分に大きいので、この仮の実繰り返し周波数 $f_{r'}$ に基づく仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ は、関心速度レンジ $\pm V_i$ に比して十分大きい速度レンジすなわち速度幅を有する。この場合、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の速度として推定される運動体の速度は、この仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ の範囲内であると考えられる。したがって、制御部 1 2 は、サンプリングの定理に基づき、この場合に運動情報演算部 7 4 が算出した速度 V を正しい符号の速度として検出できる。

【 0 0 8 1 】

制御部 1 2 は、この正しい符号の速度として検出した速度 V について、ステップ S 2 0 2 の周波数スイープ処理毎にその符号の反転が生じたか否かを確認する。この速度 V の符号の反転が確認されていない場合、制御部 1 2 は、この仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ においてエリアジング発生を検知せず (ステップ S 2 0 5, No)、上述したステップ S 2 0 2 以降の処理手順を繰り返す。一方、この速度 V の符号の反転が確認された場合、制御部 1 2 は、この仮の検出可能速度レンジ $\pm V_{r'}$ においてエリアジング発生を検知し (ステップ S 2 0 5, Yes)、このエリアジング発生を検知していない最後の周波数スイ

10

20

30

40

50

ープ処理によって設定した係数パラメータ と基準繰り返し周波数 f_i とを乗算した仮の実繰り返し周波数 f_r' を上述した実繰り返し周波数 f_r として設定する (ステップ S 206)。

【0082】

なお、制御部 12 は、上述したステップ S 201 に代えて、上述した式 (10) と同様に、基準繰り返し周波数 f_i と可変の係数パラメータ の最小値 (すなわち 1) とを乗算することによって仮の実繰り返し周波数 f_r' を算出し、さらに、上述したステップ S 202 に代えて、この仮の実繰り返し周波数 f_r' を徐々に大きくするとともに、この仮の実繰り返し周波数 f_r' を示す制御信号を送受信回路 4 に送信することによって、上述した送受信回路 4 による電氣的パルス信号の送受信を制御する周波数スイープ処理を行って 10 もよい。すなわち、制御部 12 は、この基準繰り返し周波数 f_i に乗じた係数パラメータ を最小値 (すなわち = 1) から所定の数値間隔にて徐々に大きくなるように変化させ、仮の実繰り返し周波数 f_r' を順次変化させてもよい。

【0083】

この場合、制御部 12 は、係数パラメータ が最小値近傍であれば、反転した符号である場合が多い速度 V を運動情報演算部 74 から検出する。したがって、制御部 12 は、上述したステップ S 205 に代えて、この運動情報演算部 74 から検出した速度 V の符号の反転を確認した場合すなわちエリアジング発生を検知した場合に、上述した周波数スイープ処理以降の処理手順を繰り返し、この速度 V の符号の反転を確認しなくなった場合すなわちエリアジング発生を検知しなくなった場合に、実繰り返し周波数 f_r を設定する。また、制御部 12 は、この実繰り返し周波数 f_r を設定する場合、上述したステップ S 206 に代えて、このエリアジング発生を検知しなくなった最初の周波数スイープ処理によって設定した係数パラメータ と基準繰り返し周波数 f_i とを乗算した仮の実繰り返し周波数 f_r' を上述した実繰り返し周波数 f_r として設定する。 20

【0084】

ここで、制御部 12 は、上述したように、入力部 2 から入力された関心速度レンジ指示情報に基づき関心速度レンジ $\pm V_i$ を一意的に設定するとともに、この設定した関心速度レンジ $\pm V_i$ について一意的に基準繰り返し周波数 f_i を取得する。また、制御部 12 は、上述した周波数スイープ処理を行って仮の実繰り返し周波数 f_r' を徐々に変化させ、エリアジング発生を検知しない最後の周波数スイープ処理による係数パラメータ 言い換 30 えればエリアジング発生を検知しなくなった最初の周波数スイープ処理による係数パラメータ を検出するとともに、この基準繰り返し周波数 f_i とこの係数パラメータ とを乗算することによって実繰り返し周波数 f_r を取得している。したがって、制御部 12 は、この実繰り返し周波数 f_r をもとに最大速度 V_r を算出することによって、関心速度レンジ $\pm V_i$ を変化させずに、関心速度レンジ $\pm V_i$ に比して適度に大きい検出可能速度レンジ $\pm V_r$ を設定することができる。この場合、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ は、関心速度レンジ $\pm V_i$ に対して過度に大きくなく、この関心速度レンジ $\pm V_i$ 内と推定される速度がオーバーレンジしない程度に十分大きい速度幅を有する。したがって、カラー動画画像、ティッシュード画像、またはカラスケール等の各画像表示に支障を来たすことなく、運動体の速度を示すカラー動画画像またはティッシュード画像を表示出力する場合 40 のエリアジング発生を抑制できる。

【0085】

なお、制御部 12 は、係数パラメータ を 2 から 4 までの範囲の実数として設定することが望ましく、これによって、上述した適度な大きさの速度幅を有する検出可能速度レンジを設定することができる。この場合、制御部 12 は、上述した周波数スイープ処理を行う場合、係数パラメータ を 1 から 5 程度の範囲において変化させることが望ましい。

【0086】

また、カットオフ周波数 f_c は、式 (13) に示すように、基準繰り返し周波数 f_i と係数パラメータ , とを用いて表される。すなわち、制御部 12 は、フィルタ 72 にカットオフ周波数 f_c を設定させることによって、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ のノイズとし 50

て除去する速度範囲として、関心速度レンジ $\pm V_i$ のノイズとして除去する本来の速度範囲を設定することができる。これによって、制御部12は、関心速度レンジ $\pm V_i$ の本来検出すべき低速度範囲の速度の検出能力を損なうことなく、関心速度レンジ $\pm V_i$ 以上に広い速度幅を有する検出可能速度レンジ $\pm V_r$ を設定できる。

【0087】

つぎに、カラー画像データ生成部8が上述したカラースケールデータと速度とを対応付ける処理について詳細に説明する。図6は、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の各速度と対応付けられたカラースケールデータの一例を模式的に例示する模式図である。図7は、速度変化に対するカラースケールデータの輝度変化の一例を示す模式図である。図8は、速度変化に対するカラースケールデータの別の輝度変化を例示する模式図である。図9は、速度変化に対するカラースケールデータの色相変化の一例を例示する模式図である。

10

【0088】

カラー画像データ生成部8は、上述したように、保持するカラースケールデータと制御部12からの各パラメータ信号に基づく関心速度レンジ $\pm V_i$ および検出可能速度レンジ $\pm V_r$ とを用い、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の各速度すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の各速度と関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の各速度とに対し、このカラースケールデータの各輝度または各色相をそれぞれ割り当てる。これによって、カラー画像データ生成部8は、たとえば図6に示すカラースケールデータ110を生成する。

【0089】

カラースケールデータ110は、図6に示すように、運動体の正の速度すなわち検出可能速度レンジ $\pm V_r$ の正の速度に対応するカラースケール要素110aと、運動体の負の速度すなわち検出可能速度レンジ $\pm V_r$ の負の速度に対応するカラースケール要素110bとによって構成される。この場合、カラースケール要素110aは、 $0 \sim V_i$ の速度範囲すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の正の速度と $V_i \sim V_r$ の速度範囲すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の正の速度とに対応する。また、カラースケール要素110bは、 $0 \sim -V_i$ の速度範囲すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の負の速度と $-V_i \sim -V_r$ の速度範囲すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の負の速度とに対応する。

20

【0090】

たとえば、カラースケール要素110aは、速度0近傍すなわちノイズとして除去される速度範囲に黒色が割り当てられ、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の正の速度範囲に赤色から黄色に変化する過程の各色が割り当てられる。また、カラースケール要素110bは、速度0近傍すなわちノイズとして除去される速度範囲に黒色が割り当てられ、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の負の速度範囲に濃紫色から水色に変化する過程の各色が割り当てられる。

30

【0091】

ここで、カラー画像データ生成部8は、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ の正の各速度に対してカラースケール要素110aの各輝度または各色相をそれぞれ割り当てる場合、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の正の速度の速度変化に対する輝度変化または色相変化よりも、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の正の速度の速度変化に対する輝度変化または色相変化を大きくする。

40

【0092】

たとえば、カラー画像データ生成部8は、図7に示すように、速度0から速度 V_i まで変化する速度範囲において、カラースケール要素110aの輝度 L を0から輝度 L_i までリニアに単調増加させ、速度 V_i から速度 V_r まで変化する速度範囲において、輝度 L を輝度 L_i から輝度 L_r までリニアに単調増加させる。この場合、カラー画像データ生成部8は、速度 V_i を境界として、速度 V_i から速度 V_r まで変化する速度範囲の速度変化に対する輝度変化よりも、速度0から速度 V_i まで変化する速度範囲の速度変化に対する輝度変化を大きくする。これによって、カラー画像データ生成部8は、関心速度レンジ $\pm V$

50

i 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の正の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度の隣接する速度間の輝度変化を小さくするとともに、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の正の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度の隣接する速度間の輝度変化を大きくすることができる。

【0093】

また、カラー画像データ生成部 8 は、図 8 に示すように、速度 0 から速度 V_i まで変化する速度範囲において、カラースケール要素 110 a の輝度 L を 0 から輝度 L_i まで曲線的に単調増加させ、速度 V_i から速度 V_r まで変化する速度範囲において、輝度 L を輝度 L_i から輝度 L_r まで曲線的に単調増加させ、さらに、速度 V_i を境界として、速度 V_i から速度 V_r まで変化する速度範囲の速度変化に対する輝度変化よりも、速度 0 から速度 V_i まで変化する速度範囲の速度変化に対する輝度変化を大きくしてもよい。この場合も、カラー画像データ生成部 8 は、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の正の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度の隣接する速度間の輝度変化を小さくするとともに、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の正の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度の隣接する速度間の輝度変化を大きくすることができる。

10

【0094】

さらに、カラー画像データ生成部 8 は、図 9 に示すように、速度 0 から速度 V_i まで変化する速度範囲において、カラースケール要素 110 a の色相 CL を色相 CL_1 から色相 CL_2 までリニアに単調変化させ、速度 V_i から速度 V_r まで変化する速度範囲において、色相 CL を色相 CL_2 から色相 CL_3 までリニアに単調変化させ、さらに、速度 V_i を境界として、速度 V_i から速度 V_r まで変化する速度範囲の速度変化に対する色相変化よりも、速度 0 から速度 V_i まで変化する速度範囲の速度変化に対する色相変化を大きくしてもよい。この場合、カラー画像データ生成部 8 は、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の正の各速度にそれぞれ割り当てる各色相の隣接する速度間の色相変化を小さくするとともに、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の正の各速度にそれぞれ割り当てる各色相の隣接する速度間の色相変化を大きくすることができる。

20

【0095】

なお、カラースケール要素 110 b は、カラースケール要素 110 a と対応付けられる各速度の符号を反転したデータである。したがって、カラー画像データ生成部 8 は、カラースケール要素 110 b についてもカラースケール要素 110 a の場合とほぼ同様に、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の負の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度または各色相の隣接する速度間の輝度変化または色相変化を小さくするとともに、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の負の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度または各色相の隣接する速度間の輝度変化または色相変化を大きくすることができる。

30

【0096】

カラー画像データ生成部 8 は、かかるカラースケール要素 110 a とカラースケール要素 110 b とによって構成したカラースケールデータ 110 を用いることによって、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の各速度に比較的緩やかな変化の各輝度または各色相を対応付けるとともに、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の各速度にダイナミックに変化する各輝度または各色相を対応付けることができる。これによって、カラー画像データ生成部 8 は、モニタ 10 に表示出力された場合に操作者が運動体の関心速度を認識し易い速度画像に対応するカラー画像データを生成できる。

40

【0097】

なお、この発明の実施の形態 1 では、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ の全速度範囲すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ の速度範囲と関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の速度範囲とにおいて速度変化のスケールを同じにした場合を例示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の速度範囲内の速度変化のスケールよりも、関心速度レンジ $\pm V_i$ の速度範囲内の速度変化のスケールを大きくしてもよい。

【0098】

図 10 は、関心速度レンジ $\pm V_i$ の速度範囲内の速度変化のスケールを大きくしたカラ

50

ースケールデータの一例を模式的に例示する模式図である。このカラースケールデータ 120 は、図 10 に示すように、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の正の速度に対応するカラースケール要素 120 a と、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の負の速度に対応するカラースケール要素 120 b と、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の正の速度に対応するカラースケール要素 120 c と、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の負の速度に対応するカラースケール要素 120 d とによって構成される。

【0099】

カラー画像データ生成部 8 は、検出可能速度レンジ $\pm V_r$ の各速度にカラースケールデータ 120 の各輝度または各色相をそれぞれ割り当てる場合、カラースケール要素 120 c, 120 d と対応付ける速度の速度変化のスケールを縮小するとともに、カラースケール要素 120 a, 120 b と対応付ける速度の速度変化のスケールを拡大する。これによって、カラー画像データ生成部 8 は、図 10 に示すように、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の速度に対応する部分に比して、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の速度に対応する部分の速度幅を十分大きくしたカラースケールデータ 120 を生成できる。すなわち、カラー画像データ生成部 8 は、関心速度レンジ $\pm V_i$ に比してさらに大きい検出可能速度レンジ $\pm V_r$ が設定された場合であっても、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の速度に対応する部分の占める割合が他の部分よりも十分高いカラースケールデータを確実に生成できる。

【0100】

この場合、モニタ 10 には、カラースケールデータ 120 に例示される関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の速度に対応する部分の占める割合が他の部分よりも十分高いカラースケールデータを示すカラースケールの画像を表示出力できる。操作者は、この表示出力されたカラースケールを参照することによって、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の速度を認識できるとともに、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の速度を容易にかつ確実に認識できる。

【0101】

なお、カラー画像データ生成部 8 は、最大速度 V_i を境界にしてカラースケール要素 120 a とカラースケール要素 120 c とを分割してもよい。これと同様に、カラー画像データ生成部 8 は、最小速度 $-V_i$ を境界にしてカラースケール要素 120 b とカラースケール要素 120 d とを分割してもよい。

【0102】

また、この発明の実施の形態 1 では、アレイ振動子を用いて実現された超音波振動子 3 が設けられた場合を例示したが、この発明はこれに限定されるものではなく、回転駆動系が設けられ、機械的な駆動を伴った超音波スキャンを行う超音波振動子を超音波振動子 3 に代えて用いてもよい。

【0103】

さらに、この発明の実施の形態 1 では、演算パラメータ等の各種情報が各構成部にそれぞれ格納されていたが、この発明はこれに限定されるものではなく、制御部 12 がこれらの各種情報を一括して記憶し管理してもよい。

【0104】

また、この発明の実施の形態 1 では、制御部 12 が、カットオフ周波数 f_c を算出するとともに、このカットオフ周波数 f_c を示すパラメータ信号をフィルタ 72 に送信していたが、この発明はこれに限定されるものではなく、制御部 12 が基準繰り返し周波数 f_i および最大速度 V_i , V_r を示す各パラメータ信号をフィルタ 72 に送信し、フィルタ 72 が、制御部 12 から受信した各パラメータ信号に基づき、カットオフ周波数 f_c を算出してもよい。

【0105】

さらに、この発明の実施の形態 1 では、制御部 12 は、フィルタ 72 にカットオフ周波数 f_c を設定指示し、その後、カラー画像データ生成部 8 にカラースケールデータと速度

10

20

30

40

50

との対応付けを指示していたが、この発明はこれに限定されるものではなく、制御部12は、カラー画像データ生成部8にカラースケールデータと速度との対応付けを指示し、その後またはこれと同時に、フィルタ72にカットオフ周波数 f_c を設定指示してもよい。

【0106】

また、この発明の実施の形態1では、関心速度レンジ V_i 外であって検出可能速度レンジ V_r 内の速度変化に応じてカラースケールデータの輝度または色相を変化させていたが、この発明はこれに限定されるものではなく、関心速度レンジ V_i 外であって検出可能速度レンジ V_r 内の速度変化に対してカラースケールデータの輝度または色相を一定にしてもよい。

【0107】

さらに、この発明の実施の形態1では、検出可能速度レンジ V_r 内の速度変化に対して色相をリニアに変化させていたが、この発明はこれに限定されるものではなく、関心速度レンジ V_i 外であって検出可能速度レンジ V_r 内の速度変化に対する色相変化に比して関心速度レンジ V_i 内の速度変化に対する色相変化が大きければ、検出可能速度レンジ V_r 内の速度変化に対して色相を曲線的に変化させてもよい。

【0108】

以上に説明したように、この発明の実施の形態1では、操作者の入力操作によって指示入力された関心速度レンジ指示情報をもとに関心速度レンジを一意的に設定するとともに、この関心速度レンジ以上に広い速度レンジであってこの関心速度レンジを含む可変の検出可能速度レンジを設定し、さらに、この関心速度レンジに応じた速度零近傍の速度レンジを除くこの検出可能速度レンジ内の速度を被検体内にて動く所望の運動体の速度として算出するように構成したので、この関心速度レンジ内の所望の低速度範囲の速度を検出する能力を損なうことなく、この所望の運動体の速度を検出する場合のエリアジングの発生を抑制できる超音波診断装置を実現することができる。

【0109】

また、この検出可能速度レンジ内の各速度に所望のカラースケールデータの各輝度または各色相をそれぞれ割り当て、この割り当てたカラースケールデータと所望の運動体の速度として算出した速度とをもとに、この所望の運動体の速度を示す速度画像を生成出力するように構成したので、エリアジングを発生させずに、この検出可能速度レンジ内の速度を示す速度画像を確実に画面表示できる超音波診断装置を実現することができる。

【0110】

さらに、この関心速度レンジ外であってこの検出可能速度レンジ内の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度または各色相よりも、この関心速度レンジ内の各速度にそれぞれ割り当てる各輝度または各色相の隣接する速度間の輝度変化または色相変化を大きくしているので、この関心速度レンジ内の速度を容易に認識できる速度画像を画面表示することができる。

【0111】

また、関心速度レンジ外であって検出可能速度レンジ内の速度変化のスケールを縮小するとともに、関心速度レンジ内の速度変化のスケールを拡大することによって、関心速度レンジ外であって検出可能速度レンジ内の速度に対応するカラースケールデータに比して、関心速度レンジ内の速度に対応するカラースケールデータの速度幅を十分大きくすることができ、関心速度レンジ内の速度に対応するカラースケールデータの占める割合が他の部分よりも十分高いカラースケールの画像を画面表示できる。操作者は、このカラースケールの画像を参照することによって、関心速度レンジ外であって検出可能速度レンジ内の速度を認識できるとともに、関心速度レンジ内の速度を容易にかつ確実に認識できる。

【0112】

(実施の形態2)

つぎに、この発明の実施の形態2について詳細に説明する。上述した実施の形態1では、検出可能速度レンジ V_r 内の全ての速度にカラースケールデータの各輝度または各色相をそれぞれ割り当て、この検出可能速度レンジ V_r 内の全ての速度に対応するカラー

10

20

30

40

50

スケールの画像を表示出力していたが、この実施の形態2では、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の各速度にカラースケールデータの各輝度および各色相を割り当てずに、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の各速度にカラースケールデータの各輝度または各色相をそれぞれ割り当て、この関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の全ての速度に対応するカラースケールの画像を表示出力するように構成している。

【0113】

図11は、この発明の実施の形態2である超音波診断装置の一構成例を例示するブロック図である。この超音波診断装置21は、カラー画像データ生成部8に代えてカラー画像データ生成部22が設けられる。その他の構成は実施の形態1と同じであり、同一構成部分には同一符号を付している。

10

【0114】

図12は、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の各速度と対応付けられたカラースケールデータの一例を模式的に例示する模式図である。カラー画像データ生成部22は、上述したカラー画像データ生成部8とほぼ同様の機能および構成を有する。また、カラー画像データ生成部22は、関心速度レンジ $\pm V_i$ および検出可能速度レンジ $\pm V_r$ を示す各パラメータ信号を制御部12から受信した場合、制御部12の制御のもと、保持するカラースケールデータとこのパラメータ信号に基づき、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の各速度にこのカラースケールデータの各輝度または各色相をそれぞれ割り当てる。これによって、カラー画像データ生成部22は、たとえば図12に示すカラースケールデータ130を生成する。

【0115】

20

カラースケールデータ130は、図12に示すように、 $0 \sim V_i$ の速度範囲すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ の正の速度に対応するカラースケール要素130aと、 $0 \sim -V_i$ の速度範囲すなわち関心速度レンジ $\pm V_i$ の負の速度に対応するカラースケール要素110bとによって構成される。たとえば、カラースケール要素130aは、速度0近傍すなわちノイズとして除去される速度範囲に黒色が割り当てられ、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の正の速度範囲に赤色から黄色に変化する過程の各色が割り当てられる。また、カラースケール要素130bは、速度0近傍すなわちノイズとして除去される速度範囲に黒色が割り当てられ、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の負の速度範囲に濃紫色から水色に変化する過程の各色が割り当てられる。この場合、カラー画像データ生成部22は、関心速度レンジ $\pm V_i$ 内に対し、保持するカラースケールデータのほぼ全ての輝度またはほぼ全ての色相を割り

30

【0116】

また、カラー画像データ生成部22は、上述した関心速度データを速度データ演算部7から受信した場合、この関心速度データに基づく運動体の速度を関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の速度と関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の速度とに分類する。さらに、カラー画像データ生成部22は、この関心速度データに基づく運動体の速度を関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の速度として取得した場合、この関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の各速度と対応付けたカラースケールデータとこの関心速度データとを用い、この取得した速度に対応するカラー画像データを取得する。この場合、カラー画像データ生成部22は、この取得したカラー画像データを画像合成部9に送信する。これによって、モニタ10は、この取得した速度を示す速度画像すなわちカラードブラ画像またはティッシュドブラ画像を表示出力できる。さらに、カラー画像データ生成部22がカラースケールデータ130に例示されるこの関心速度レンジ $\pm V_i$ 内の各速度と対応付けたカラースケールデータに対応する画像データを画像合成部9に送信することによって、モニタ10は、この取得した速度を示すカラードブラ画像またはティッシュドブラ画像と同一画面上に、このカラースケールデータを示すカラースケールの画像を表示出力できる。

40

【0117】

一方、カラー画像データ生成部22は、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の各速度に所定色たとえば黒色を割り当てる。したがって、カラー画像データ生成部22は、関心速度レンジ $\pm V_i$ 外であって検出可能速度レンジ $\pm V_r$ 内の速度

50

として、速度データ演算部 7 から受信した関心速度データに基づく運動体の速度を取得した場合、この関心速度データを変換し、この取得した速度に黒色を割り当てた画像データを取得する。この場合、カラー画像データ生成部 22 は、この運動体の速度を関心速度レンジ V_i 内の速度と関心速度レンジ V_i 外であって検出可能速度レンジ V_r 内の速度とに分類するとともに、上述した関心速度レンジ V_i 内の各速度と対応付けたカラースケールデータを用いず、この関心速度データに基づく速度に黒色を割り当てる。したがって、カラー画像データ生成部 22 は、関心速度レンジ V_i 外であって検出可能速度レンジ V_r 内の速度を速度データ演算部 7 から取得した場合であっても上述したエリアジニングを発生させない。

【0118】

10

また、カラー画像データ生成部 22 は、この取得した画像データを上述した目的外カラー画像データとして画像合成部 9 に送信する。画像合成部 9 は、上述したように、この目的外カラー画像データに上述したグレー画像データを上書きすることによって合成画像データを取得する。この場合、モニタ 10 は、関心速度レンジ V_i 外であって検出可能速度レンジ V_r 内の運動体の速度を示すカラードブラ画像またはティッシュドブラ画像を表示しない。

【0119】

以上に説明したように、この発明の実施の形態 2 では、上述した実施の形態 1 とほぼ同様の機能および構成を有し、また、設定した関心速度レンジ内の速度に対してカラースケールデータの全ての輝度または全ての色相を割り当てるとともに、この関心速度レンジ外であって設定した検出可能速度レンジ内の各速度に所定色たとえば黒色を割り当てるようにし、さらに、算出した運動体の速度をこの関心速度レンジ内の速度とこの関心速度レンジ外であってこの検出可能速度レンジ内の速度とに分類し、この関心速度レンジ内の速度として分類した運動体の速度を示す速度画像を生成出力し、かつこの関心速度レンジ外であってこの検出可能速度レンジ内の速度として分類した運動体の速度を速度画像として表示出力しないように構成している。したがって、この算出した運動体の速度についてエリアジニングの発生を抑制できるとともに、この関心速度レンジ外であってこの検出可能速度レンジ内の運動体の速度を示す速度画像を画面表示でき、上述した実施の形態 1 とほぼ同様の作用効果を楽しむとともに、この関心速度レンジ内である所望の運動体の速度を容易に認識できる超音波診断装置を実現することができる。

20

30

【図面の簡単な説明】

【0120】

【図 1】この発明の実施の形態 1 である超音波診断装置の一構成例を例示するブロック図である。

【図 2】速度データ演算部の一構成を詳細に例示するブロック図である。

【図 3】運動体の速度画像をモニタ表示するまでの処理手順を例示するフローチャートである。

【図 4】被検体内の B モード画像とカラードブラ画像とを含むモニタ画像の一表示例を模式的に例示する模式図である。

40

【図 5】実繰り返し周波数設定処理を達成するまでの処理手順を例示するフローチャートである。

【図 6】検出可能速度レンジ内の各速度と対応付けられたカラースケールデータの一例を模式的に例示する模式図である。

【図 7】速度変化に対するカラースケールデータの輝度変化の一例を示す模式図である。

【図 8】速度変化に対するカラースケールデータの別の輝度変化を例示する模式図である。

【図 9】速度変化に対するカラースケールデータの色相変化の一例を例示する模式図である。

【図 10】関心速度レンジ内の速度変化のスケールを大きくしたカラースケールデータの

50

一例を模式的に例示する模式図である。

【図 1 1】この発明の実施の形態 2 である超音波診断装置の一構成例を例示するブロック図である。

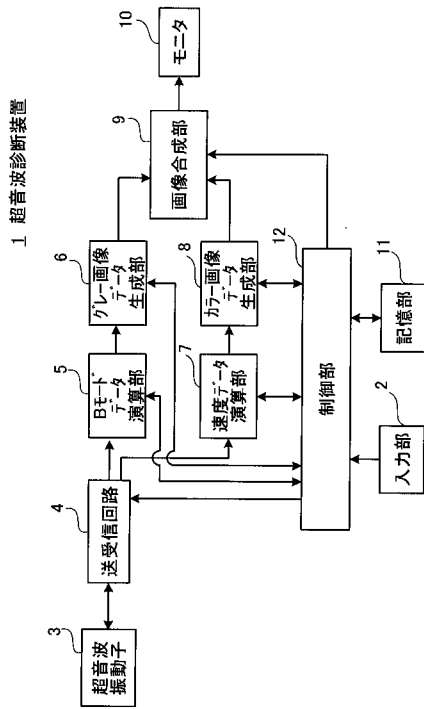
【図 1 2】関心速度レンジ内の各速度と対応付けられたカラースケールデータの一例を模式的に例示する模式図である。

【符号の説明】

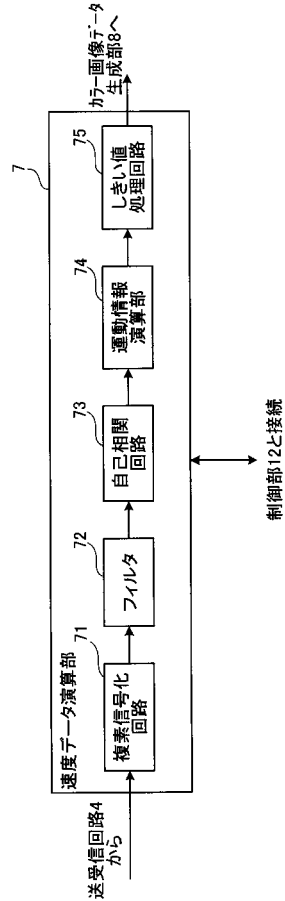
【 0 1 2 1 】

1, 2 1	超音波診断装置	
2	入力部	
3	超音波振動子	10
4	送受信回路	
5	Bモードデータ演算部	
6	グレー画像データ生成部	
7	速度データ演算部	
8, 2 2	カラー画像データ生成部	
9	画像合成部	
1 0	モニタ	
1 1	記憶部	
1 2	制御部	
7 1	複素信号化回路	20
7 2	フィルタ	
7 3	自己相関回路	
7 4	運動情報演算部	
7 5	しきい値処理回路	
1 0 0	モニタ画像	
1 0 1	Bモード画像	
1 0 2	カラードプラ画像	
1 0 3	グレースケール	
1 0 4	カラースケール	
1 1 0, 1 2 0, 1 3 0	カラースケールデータ	30
1 1 0 a, 1 1 0 b, 1 2 0 a ~ 1 2 0 d, 1 3 0 a, 1 3 0 b	カラースケール要素	

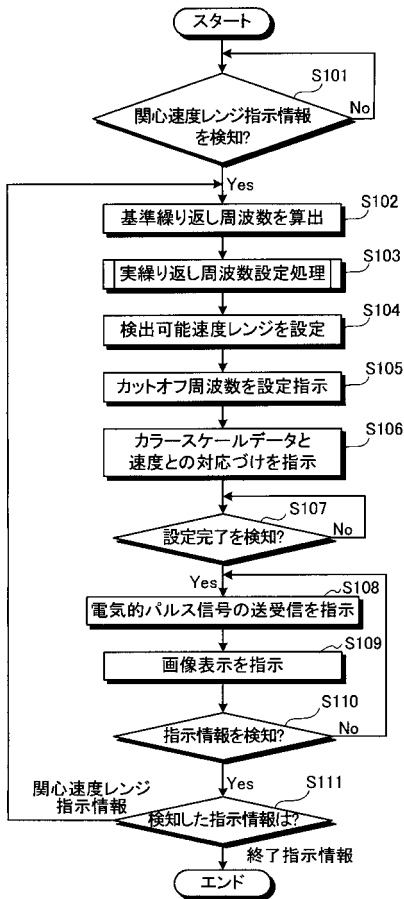
【図1】



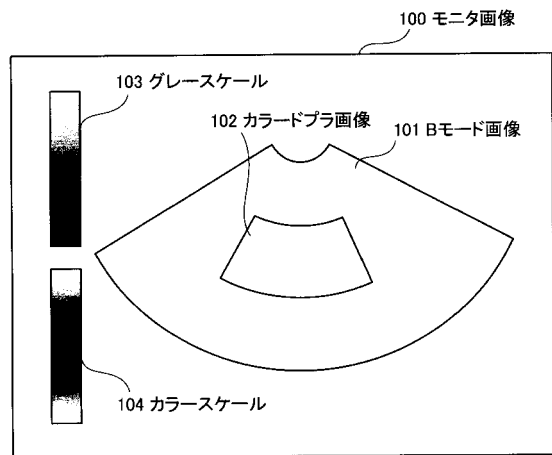
【図2】



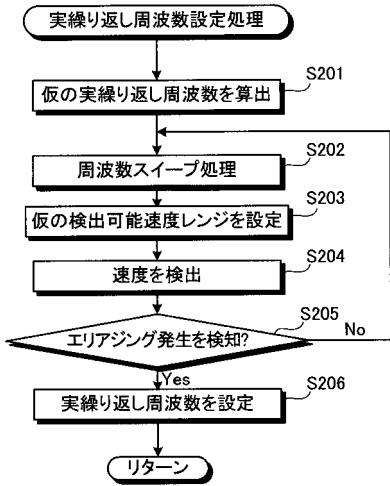
【図3】



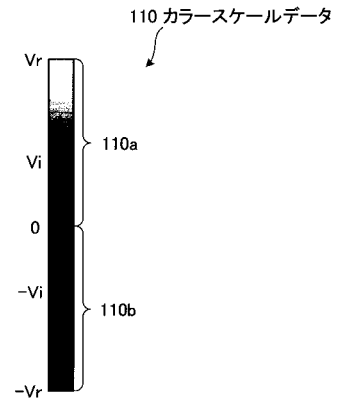
【図4】



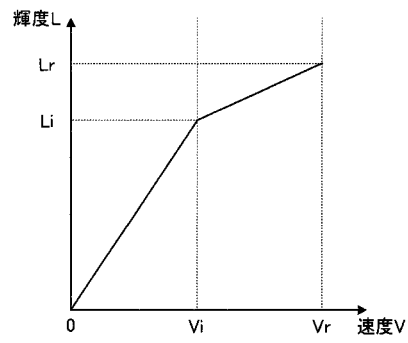
【図5】



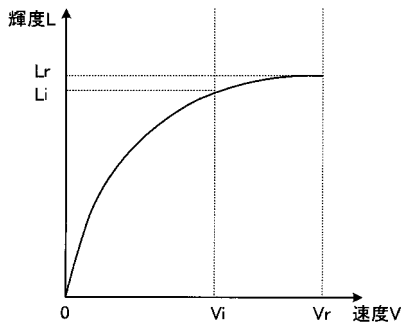
【図6】



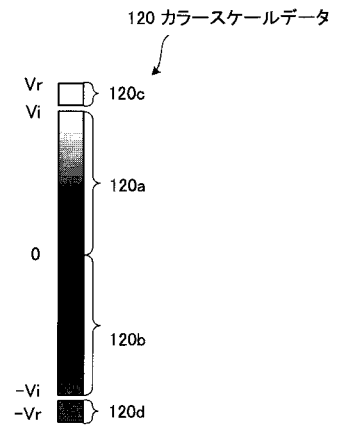
【図7】



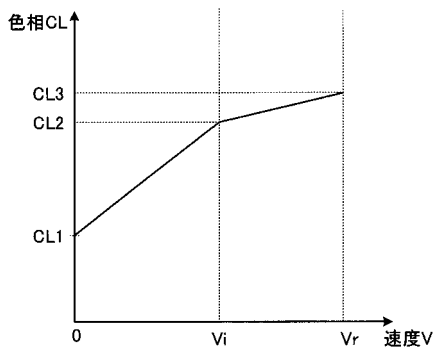
【図8】



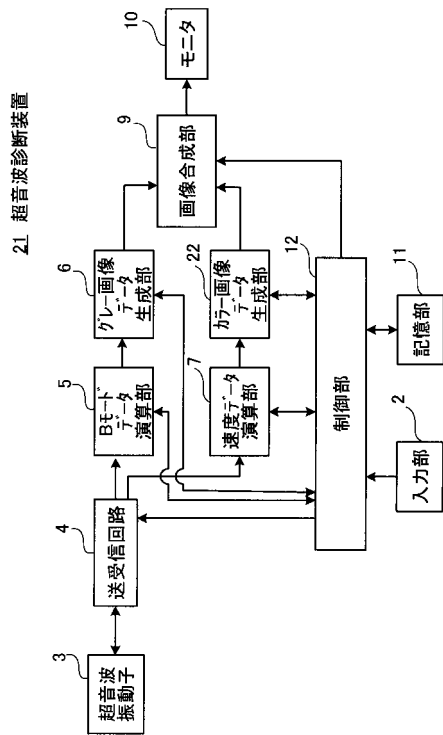
【図10】



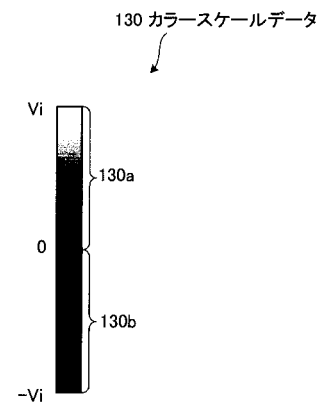
【図9】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭63 - 317142 (J P , A)
特開平2 - 159267 (J P , A)
特開平2 - 309934 (J P , A)
特開平3 - 133437 (J P , A)
特開平8 - 66397 (J P , A)
特開平11 - 342128 (J P , A)
特開2001 - 128976 (J P , A)
特開2001 - 212142 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 8 / 0 6

专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP4127827B2	公开(公告)日	2008-07-30
申请号	JP2004194888	申请日	2004-06-30
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	宫木浩仲		
发明人	宫木 浩仲		
IPC分类号	A61B8/06		
CPC分类号	G01S15/8979 A61B8/06 A61B8/08 A61B8/13 A61B8/488 G01S7/52071 G01S15/584		
FI分类号	A61B8/06 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DD03 4C601/DE04 4C601/EE06 4C601/JB30 4C601/JB31 4C601/JB32 4C601/JB41 4C601/JC11 4C601/KK12 4C601/KK19		
代理人(译)	酒井宏明		
其他公开文献	JP2006014891A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：作为检查目的，在不影响检测相关速度范围内的低速分量的性能的情况下，抑制混叠的发生。
 ZOLUTION：该超声波诊断装置基于通过向对象发送/接收超声波而获得的多个超声波数据，计算被摄体内的运动体的速度，作为速度在规定的速度范围内，并生成并输出表示速度的图像。计算出的速度作为运动体的速度图像。超声诊断设备包括：输入部分2，用于指定和输入指示移动体的有关速度范围的信息；控制部分12，用于设定可变的可检测速度范围，速度范围宽于有关的速度范围并且包括所涉及的速度范围，以及彩色图像数据生成部分8，用于将颜色数据分配给可检测速度范围内的速度，并通过使用所分配的色标数据生成速度图像的图像数据。Z

$$R = \sum_{a=1}^{N-1} Z_{a+1} \times Z_a^*$$