(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5525693号
(P5525693)
(45)発行日　平成26年6月18日(2014.6.18)　(24)登録日　平成26年4月18日(2014.4.18)

(51)Int.Cl.　F I
A61B 8/00 (2006.01)　A61B 8/00

請求項の数 14　(全 28 頁)

(21)出願番号　特願2008-42455(P2008-42455)
(22)出願日　平成20年2月25日(2008.2.25)
(65)公開番号　特開2009-195585(P2009-195585A)
(43)公開日　平成21年9月3日(2009.9.3)
審査請求日　平成23年2月22日(2011.2.22)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(73)特許権者　594164542
東芝メディカルシステムズ株式会社
栃木県大田原市下石上１３８５番地
(74)代理人　110000866
特許業務法人三澤特許事務所
(74)代理人　100081411
弁理士　三澤　正義
(72)発明者　星野　伸一
栃木県大田原市下石上１３８５番地　東芝メディカルシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波診断装置、及び超音波診断装置の制御プログラム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
超音波で被検体における第１走査領域を走査することで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン手段と、
前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出手段と、
前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、前記血管に直交する直交断面を設定する設定手段と、
前記第１データに基づいて、各直交断面における前記血管の内腔の面積を求め、さらに、前記各直交断面における前記血管の外周の長さを求める算出手段と、
前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の面積との比を前記直交断面ごとに求める割合算出手段と、
前記各直交断面における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を特定する狭窄判定手段と、
を有することを特徴とする超音波診断装置。
【請求項２】
超音波で被検体における第１走査領域を走査することで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン手段と、
前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出手段と、

前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、所定の大きさを有して前記血管に直交する３次元領域の位置を設定する設定手段と、
前記第１データに基づいて、各３次元領域における前記血管の内腔の体積を求め、さらに、前記各３次元領域における前記血管の外周の長さを求める算出手段と、
前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の体積との比を前記３次元領域ごとに求める割合算出手段と、
前記各３次元領域における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を特定する狭窄判定手段と、
を有することを特徴とする超音波診断装置。
【請求項３】
前記狭窄候補の位置を含み、前記第１走査領域よりも小さい第２走査領域を超音波で走査することで、前記第２走査領域におけるボリュームデータを取得する第２スキャン手段、を更に有することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の超音波診断装置。
【請求項４】
前記割合算出手段は、前記血管の外周の長さに対する前記血管の内腔の面積の割合を前記直交断面ごとに求め、
前記狭窄判定手段は、前記各直交断面における前記割合が所定値以下になる範囲を前記狭窄候補の位置として特定する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５】
前記割合算出手段は、前記血管の外周の長さに対する前記血管の内腔の体積の割合を前記３次元領域ごとに求め、
前記狭窄判定手段は、前記各３次元領域における前記割合が所定値以下になる範囲を前記狭窄候補の位置として特定する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６】
前記狭窄判定手段は、前記割合が所定値以下となる直交断面の位置に基づいて、前記血管の長軸方向における前記狭窄候補の範囲を特定することを特徴とする請求項４に記載の超音波診断装置。
【請求項７】
前記狭窄判定手段は、前記割合が所定値以下となる３次元領域の位置に基づいて、前記血管の長軸方向における前記狭窄候補の範囲を特定することを特徴とする請求項５に記載の超音波診断装置。
【請求項８】
前記第２走査領域におけるボリュームデータに基づいて、前記血管の短軸断面における短軸像データ、及び前記血管の長軸断面における長軸像データのうち、少なくとも一方の画像データを生成する画像生成手段と、
前記画像データに基づく画像を表示手段に表示させる表示制御手段と、
を更に有することを特徴とする請求項１～請求項７のいずれかに記載の超音波診断装置。
【請求項９】
前記血管領域抽出手段は、前記第２走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第２データを抽出し、
前記設定手段は、前記第２データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、前記血管に直交する直交断面を設定し、
前記算出手段は、前記第２データに基づいて、前記各直交断面における前記血管の内腔の面積、前記各直交断面における前記血管の内膜と外膜との間の壁厚、前記各直交断面における前記血管の径の長さ、及び、前記第２走査領域における前記血管の内腔の体積のうち、少なくとも１種類の値を求めることを特徴とする請求項１～請求項７のいずれかに記載の超音波診断装置。
【請求項１０】
前記各直交断面における前記内腔の面積に基づいて前記血管の長軸方向に対する面積の

変化を表すグラフ、前記各直交断面における壁厚に基づいて前記血管の長軸方向に対する壁厚の変化を表すグラフ、及び、前記各直交断面における前記血管の径の長さに基づいて前記血管の長軸方向に対する前記血管の径の長さの変化を表すグラフのうち、少なくとも１つのグラフを作成して表示手段に表示させる表示制御手段を更に有することを特徴とする請求項９に記載の超音波診断装置。

【請求項１１】

前記第２走査領域におけるボリュームデータに基づいて、前記血管の短軸断面における短軸像データ、及び前記血管の長軸断面における長軸像データのうち、少なくとも一方の画像データを生成する画像生成手段を更に有し、

前記表示制御手段は、前記グラフとともに前記画像データに基づく画像を前記表示手段に表示させることを特徴とする請求項１０に記載の超音波診断装置。

【請求項１２】

前記狭窄判定手段によって前記狭窄候補の位置が特定された場合に、前記特定されたことを操作者に報知する報知手段を更に有することを特徴とする請求項１～請求項１１のいずれかに記載の超音波診断装置。

【請求項１３】

超音波によって被検体を走査するスキャン手段を有する超音波診断装置を制御するコンピュータに、

第１走査領域を前記スキャン手段に走査させることで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン機能と、

前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出機能と、

前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、前記血管に直交する複数の直交断面の位置を求める設定機能と、

前記第１データに基づいて、各直交断面における前記血管の内腔の面積を求め、さらに、前記各直交断面における前記血管の外周の長さを求める算出機能と、

前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の面積との比を前記直交断面ごとに求める割合算出機能と、

前記各直交断面における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を特定する狭窄判定機能と、

を実行させることを特徴とする超音波診断装置の制御プログラム。

【請求項１４】

超音波によって被検体を走査するスキャン手段を有する超音波診断装置を制御するコンピュータに、

第１走査領域を前記スキャン手段に走査させることで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン機能と、

前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出機能と、

前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、所定の大きさを有して前記血管に直交する３次元領域の位置を設定する設定機能と、

前記第１データに基づいて、各３次元領域における前記血管の内腔の体積を求め、さらに、前記各３次元領域における前記血管の外周の長さを求める算出機能と、

前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の体積との比を前記３次元領域ごとに求める割合算出機能と、

前記各３次元領域における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を特定する狭窄判定機能と、

を実行させることを特徴とする超音波診断装置の制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

この発明は、超音波によって被検体内を走査することで超音波画像を取得する超音波診断装置に関する。また、超音波診断装置による超音波の走査を制御する制御プログラムに関する。

【背景技術】

【０００２】

超音波診断装置を用いて、血管の狭窄に対する診断が行われている。超音波診断装置を用いた血管狭窄に対する診断では、被検体の体表上において超音波プローブを手動によって移動させながら診断対象を走査し、その走査によって取得された超音波画像に基づいて血管狭窄の疑いがある部位を特定する。血管狭窄の疑いがある部位が発見された場合、その部位を精査するために、その部位を再度、超音波で走査することで血管狭窄の疑いがある部位の詳細な超音波画像を取得する。そして、その超音波画像に基づいて血管壁の厚さ（ＩＭＴ）などの値を求め、その値に基づいて狭窄の診断が行われている（例えば特許文献１及び特許文献２）。また、超音波診断装置によってドプラースキャンを行なうことで血流速度などの血流情報を取得し、その血流情報に基づいて狭窄の診断が行われている。いずれにしても、関心部位における超音波画像の取得と、各種の計測とを含む複数のステップを経て、血管狭窄の診断が行われている。

【０００３】

しかしながら、手動で超音波プローブを移動させながら診断対象を超音波で走査しているため、改めて精査するときには、血管狭窄の疑いがある部位の超音波画像が得られる場所に、手動によって超音波プローブを設置する必要があった。すなわち、精査用の撮影を行うときには、初回の撮影と同じ箇所の画像を得るために、手動によって超音波プローブの位置決めを行う必要があった。また、精査用の撮影を行うときに、精査用の撮影の条件を術者が設定し、精査用の撮影によって取得された超音波画像に基づいて、各種の計測を行っていた。

【０００４】

以上のように、精査用の撮影を改めて行うときには、手動による超音波プローブの位置合わせと、精査用の撮影条件の設定とを操作者が行う必要があり、さらに、撮影後において各種の計測を行っていたため、一箇所の検査に要する時間が増大し、検査時間が長くなる問題があった。血管狭窄の疑いがある部位が複数ある場合、それぞれの部位において、超音波プローブの位置合わせ、精査用の撮影条件の設定、及び各種の計測を行う必要があるため、その分、検査時間が長くなり、検査効率が悪化する問題があった。

【０００５】

【特許文献１】特開２００５－２６８号公報

【特許文献２】特開平１１－３１８８９６号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

この発明は上記の問題点を解決するものであり、狭窄の候補となる部位を検出して、その狭窄候補の画像を取得することが可能な超音波診断装置、及びその超音波診断装置の制御プログラム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】

請求項１に記載の発明は、超音波で被検体における第１走査領域を走査することで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン手段と、前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出手段と、前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、前記血管に直交する直交断面を設定する設定手段と、前記第１データに基づいて、各直交断面における前記血管の内腔の面積を求め、さらに、前記各直交断面における前記血管の外周の長さを求める算出手段と、前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の面積との比を前記直交断面ごとに求める割合算出手段と、前記各直交断面における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を

特定する狭窄判定手段と、を有することを特徴とする超音波診断装置である。

また、請求項２に記載の発明は、超音波で被検体における第１走査領域を走査することで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン手段と、前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出手段と、前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、所定の大きさを有して前記血管に直交する３次元領域の位置を設定する設定手段と、前記第１データに基づいて、各３次元領域における前記血管の内腔の体積を求め、さらに、前記各直交断面における前記血管の外周の長さを求める算出手段と、前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の体積との比を前記直交断面ごとに求める割合算出手段と、前記各直交断面における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を特定する狭窄判定手段と、を有することを特徴とする超音波診断装置である。

また、請求項１３に記載の発明は、超音波によって被検体を走査するスキャン手段を有する超音波診断装置を制御するコンピュータに、第１走査領域を前記スキャン手段に走査させることで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン機能と、前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出機能と、前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、前記血管に直交する複数の直交断面の位置を求める設定機能と、前記第１データに基づいて、各直交断面における前記血管の内腔の面積を求め、さらに、前記各直交断面における前記血管の外周の長さを求める算出機能と、前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の面積との比を前記直交断面ごとに求める割合算出機能と、前記各直交断面における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を特定する狭窄判定機能と、を実行させることを特徴とする超音波診断装置の制御プログラムである。

また、請求項１４に記載の発明は、超音波によって被検体を走査するスキャン手段を有する超音波診断装置を制御するコンピュータに、第１走査領域を前記スキャン手段に走査させることで前記第１走査領域におけるボリュームデータを取得する第１スキャン機能と、前記第１走査領域におけるボリュームデータから血管の形態を表す第１データを抽出する血管領域抽出機能と、前記第１データに表わされる血管に沿って所定間隔ごとに、所定の大きさを有して前記血管に直交する３次元領域の位置を設定する設定機能と、前記第１データに基づいて、各３次元領域における前記血管の内腔の体積を求め、さらに、前記各３次元領域における前記血管の外周の長さを求める算出機能と、前記血管の外周の長さと前記血管の内腔の体積との比を前記３次元領域ごとに求める割合算出機能と、前記各３次元領域における前記比に基づいて、前記狭窄候補の位置を特定する狭窄判定機能と、を実行させることを特徴とする超音波診断装置の制御プログラムである。

【発明の効果】

【０００８】

この発明によると、第１走査領域を走査することで取得されたボリュームデータに基づいて狭窄候補の位置を特定し、その狭窄候補を含み、第１走査領域よりも小さい第２走査領域を走査することで、狭窄候補が表された詳細な画像を得ることが可能となる。また、狭窄候補の検出と、その狭窄候補の走査とを一連の撮影で行うことが可能となるため、狭窄の検査に要する時間を削減して、検査効率の向上を図ることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００９】

この発明の実施形態に係る超音波診断装置について図１を参照して説明する。図１は、この発明の実施形態に係る超音波診断装置を示すブロック図である。

【００１０】

この発明の実施形態に係る超音波診断装置１は、超音波プローブ２、送受信部３、信号処理部４、画像記憶部５、解析部６、画像生成部１８、表示制御部１９、ユーザインターフェース（ＵＩ）２０、及び制御部２３を備えている。

【００１１】

超音波プローブ２には、超音波振動子が２次元的に配置された２次元アレイプローブが

用いられる。この２次元アレイプローブは、３次元的に超音波を送信して反射波を受信することで、放射状に広がる形状の３次元データをエコー信号として受信する。また、２次元アレイプローブの代わりに、超音波振動子が走査方向に配列された１次元アレイプローブを超音波プローブ２に用いても良い。

【００１２】

送受信部３は送信部と受信部とを備え、超音波プローブ２に電気信号を供給して超音波を発生させ、超音波プローブ２が受信したエコー信号を受信する。

【００１３】

送受信部３の送信部は、図示しないクロック発生回路と、送信遅延回路と、パルサ回路とを備えている。クロック発生回路は、超音波信号の送信タイミングや送信周波数を決めるクロック信号を発生する。送信遅延回路は、超音波の送信時に遅延を掛けて送信フォーカスを実施する回路である。パルサ回路は、各超音波振動子に対応した個別経路（チャンネル）の数分のパルサを内蔵し、遅延が掛けられた送信タイミングで駆動パルスを発生し、超音波プローブ２の各超音波振動子に振動エネルギーを供給するようになっている。

【００１４】

また、送受信部３の受信部は、図示しないプリアンプ回路と、Ａ／Ｄ変換回路と、受信遅延回路と、加算回路とを備えている。プリアンプ回路は、超音波プローブ２の各超音波振動子から出力されるエコー信号を受信チャンネルごとに増幅する。Ａ／Ｄ変換回路は、増幅されたエコー信号をＡ／Ｄ変換する。受信遅延回路は、Ａ／Ｄ変換後のエコー信号に対して受信指向性を決定するために必要な遅延時間を与え、加算回路は、遅延時間が与えられたエコー信号を加算する。その加算により、受信指向性に応じた方向からの反射成分が強調される。

【００１５】

送受信部３はスキャン制御部２４から出力されるスキャン制御信号に従って、超音波プローブ２に電気信号を供給して超音波を発生させ、３次元の領域を走査する（ボリュームスキャン）。そのスキャン制御信号には、超音波による走査に関するスキャン条件が含まれている。スキャン条件には、例えば、３次元の走査領域を示す座標情報が含まれている。送受信部３は、スキャン制御部２４から出力されたスキャン制御信号を受けると、そのスキャン制御信号に含まれる３次元の走査領域を示す座標情報に従って、その走査領域内を走査する。

【００１６】

信号処理部４は、Ｂモード処理部を備えている。Ｂモード処理部は、エコーの振幅情報の映像化を行い、エコー信号からＢモード超音波ラスタデータを生成する。具体的には、Ｂモード処理部は、送受信部３から送られる信号に対してバンドパスフィルタ処理を行い、その後、出力信号の包絡線を検波し、検波されたデータに対して対数変換による圧縮処理を施す。また、信号処理部４は、ドプラ処理部を備えていても良い。ドプラ処理部は、例えば、送受信部３から送られる受信信号を位相検波することによりドプラ偏移周波数成分を取り出し、ＦＦＴ処理を施すことで、血流速度を表すドプラ周波数分布を生成する。さらに、信号処理部４は、血流情報の映像化を行うＣＦＭ処理部を備えていても良い。血流情報には、速度、分布、パワーなどの情報があり、血流情報は２値化情報として得られる。送受信部３から出力された信号は、いずれかの処理部にて所定の処理が施される。信号処理部４は、超音波ラスタデータを画像記憶部５に出力する。

【００１７】

画像記憶部５は、メモリやハードディスクなどの記憶装置で構成され、信号処理部４により生成された超音波ラスタデータを記憶する。この実施形態では、超音波プローブ２と送受信部３とによってボリュームスキャンを実行することでボリュームデータを取得し、ボリュームデータを画像記憶部５に記憶する。

【００１８】

画像生成部１８は、画像記憶部５からボリュームデータを読み込み、そのボリュームデータに画像処理を施すことで、表示用の画像データを生成する。例えば、画像生成部１８

は、ボリュームデータにボリュームレンダリングを施すことで、組織を立体的に表わす３次元画像データを生成する。また、画像生成部１８は、ボリュームデータにＭＰＲ（Ｍｕｌｔｉ　Ｐｌａｎｎａｒ　Ｒｅｃｏｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎ）処理を施すことで、任意の断面における画像データ（ＭＰＲ画像データ）を生成しても良い。そして、画像生成部１８は、３次元画像データやＭＰＲ画像データなどの画像データを表示制御部１９に出力する。また、画像生成部１８によって生成された画像データを画像記憶部５などの記憶部に記憶させても良い。

【００１９】

制御部２３の設定条件記憶部２６には、スキャン条件が記憶されている。スキャン条件には、例えば、超音波の走査対象となる３次元の走査領域を示す座標情報、超音波を送信する深さ、超音波の走査線密度、及び並列同時受信数などの条件が含まれる。スキャン制御部２４は、設定条件記憶部２６からスキャン条件を読み込み、そのスキャン条件をスキャン制御信号に含ませて送受信部３に出力する。送受信部３は、スキャン制御信号に従って３次元の領域を走査する。なお、走査領域を示す座標情報は、例えば、超音波を送受信する角度の範囲に相当する。

【００２０】

ここで、撮影対象について図２を参照して説明する。図２は、撮影対象を示す模式図である。この実施形態では、１例として足を撮影する。例えば図２に示すように、操作者は超音波プローブ２を持って、足１００の長さ方向（Ｘ方向）に超音波プローブ２を移動させる。操作者が超音波プローブ２を移動させている間、超音波プローブ２と送受信部３とによって超音波を送受信することで、足１００の各位置におけるボリュームデータを順次取得する。

【００２１】

この実施形態では、１次スキャンと２次スキャンとを実行する。１次スキャンでは、操作者が超音波プローブ２を持って、足１００の長さ方向（Ｘ方向）に超音波プローブ２を移動させる。この移動の間、超音波プローブ２と送受信部３とによって超音波を送受信することで、足１００の各位置におけるボリュームデータを順次取得する。そして、１次スキャンでボリュームデータが取得される度に、各ボリュームデータに基づいて狭窄の有無を判定する。１次スキャンにおいて狭窄の疑いがある部位が発見された場合、超音波プローブ２の移動の停止を操作者に促す。２次スキャンでは、操作者はその指示に従って超音波プローブ２の移動を止めて、その状態で、超音波プローブ２と送受信部３とによって、狭窄候補が含まれる範囲を詳細に走査する。

【００２２】

１次スキャンを行うときには、スキャン制御部２４は、第１スキャン条件に従って、送受信部３による走査を制御する。また、２次スキャンを行うときには、スキャン制御部２４は、第１スキャン条件とは異なる第２スキャン条件に従って、送受信部３による走査を制御する。例えば、１次スキャンと２次スキャンとでは、走査領域の大きさを変える。２次スキャンにおいては、走査領域を１次スキャンよりも小さくことで、フレームレート（ボリュームレート）を１次スキャンよりも速くすることができ、また、超音波の走査線密度を１次スキャンよりも高くすることができる。そのことにより、２次スキャンにおいては、１次スキャンよりも詳細な超音波画像データを取得することができる。１次スキャンにおける走査領域を示す情報は、設定条件記憶部２６に記憶されている。２次スキャンにおける走査領域は、設定部２５によって設定される。この設定部２５の機能については後述する。なお、超音波プローブ２と送受信部３とスキャン制御部２４とによって、この発明の「第１スキャン手段」の１例と「第２スキャン手段」の１例とを構成する。

【００２３】

ここで、１次スキャンにおける走査領域を図３に示す。図３は、１次スキャンにおける走査領域を示す模式図である。第１走査領域２００は、超音波プローブ２が被検体の体表上において或る位置における３次元の走査領域であって、１次スキャンにおいて走査される領域である。１次スキャンにおいては、操作者が超音波プローブ２を被検体の体表上で

移動させ、その移動の間に、超音波プローブ２と送受信部３とによって超音波を送受信することで、各位置におけるボリュームデータを取得する。１次スキャンにおいては、スキャン制御部２４は、１次スキャン条件を設定条件記憶部２６から読み込み、その１次スキャン条件に従って送受信部３による走査を制御する。例えば、超音波プローブ２と送受信部３とによって第１走査領域２００を超音波で走査することで、第１走査領域２００のボリュームデータを取得する。１次スキャンによって順次取得されたボリュームデータは、画像記憶部５に記憶される。

【００２４】

（解析部６）

次に、解析部６の構成について説明する。解析部６は、血管領域抽出部７と、中心線特定部８と、断面設定部９と、評価値算出部１０と、割合算出部１６と、狭窄判定部１７とを備えている。解析部６は、１次スキャンによってボリュームデータが取得される度に、画像記憶部５からボリュームデータを順次読み込み、各ボリュームデータに基づいて血管狭窄の有無を判定する。以下、解析部６の各部の構成について説明する。

【００２５】

血管領域抽出部７は、ボリュームデータを画像記憶部５から順次読み込んで、ボリュームデータから血管の形態を表すボリュームデータを抽出する。血管領域の抽出には、公知の抽出方法を用いることができる。具体的には、血管領域抽出部７は、ボリュームデータの画素値に基づいて、血管とその他の組織との境界を検出することで、血管の形態を表すボリュームデータを抽出する。例えば、血管領域抽出部７は、ボリュームデータの画素値に基づいて、血管の外膜とその他の組織との境界を検出することで、血管の形態を表すボリュームデータを抽出する。血管領域抽出部７は、超音波プローブ２と送受信部３とによってボリュームデータが取得される度に、ボリュームデータを画像記憶部５から読み込んで、血管の形態を表すボリュームデータを抽出する。なお、１次スキャンによって取得されたボリュームデータから抽出された血管の形態を表すボリュームデータを、以下、第１データと称する場合がある。血管領域抽出部７は、第１データを中心線特定部８と評価値算出部１０とに出力する。なお、血管領域抽出部７が、この発明の「血管領域抽出手段」の１例に相当する。

【００２６】

例えば１次スキャンによって図３に示す第１走査領域２００のボリュームデータが取得されると、血管領域抽出部７は、第１走査領域２００におけるボリュームデータから、血管の形態を表す第１データ２１０を抽出し、第１データ２１０を中心線特定部８に出力する。

【００２７】

中心線特定部８は、第１データに表わされる血管の中心線の位置を求める。例えば、中心線特定部８は、第１データに表わされる血管の短軸方向に沿った短軸断面を設定し、その短軸断面における血管の重心の位置を求める。中心線特定部８は、血管の長軸方向（短軸方向に直交する方向）に向けて所定間隔ごとに短軸断面を設定し、各短軸断面における血管の重心の位置を求める。そして、中心線特定部８は、各短軸断面における重心の位置を結ぶことで、血管の中心線の位置を求める。中心線特定部８は、中心線の位置を示す中心線データを断面設定部９に出力する。例えば、中心線特定部８は、図３に示す第１データ２１０に表わされる血管の長軸方向に沿って所定間隔ごとに短軸断面を設定し、各短軸断面における血管の重心の位置を求める。そして、中心線特定部８は、各短軸断面における重心の位置を結ぶことで、第１データ２１０に表わされる血管の中心線の位置を求め、中心線の位置を示す中心線データを断面設定部９に出力する。また、中心線特定部８は、第１データに細線化処理を施すことにより、血管の中心線の位置を求めても良い。

【００２８】

断面設定部９は、中心線特定部８によって求められた血管の中心線に直交する短軸断面の位置を求める。断面設定部９は、血管の長軸方向に向けて所定間隔ごとに、中心線に直交する短軸断面を設定する。そして、断面設定部９は、各短軸断面の位置を示す情報（座

標情報）を評価値算出部１０に出力する。なお、中心線に直交する短軸断面を、以下、直交断面と称する場合がある。例えば、断面設定部９は、図３に示す第１データ２１０に表わされた血管の長軸方向に向けて所定間隔ごとに、中心線に直交する短軸断面を求め、各短軸断面の座標情報を評価値算出部１０に出力する。なお、断面設定部９が、この発明の「設定手段」の１例に相当する。

【００２９】

また、断面設定部９は、中心線に直交し、所定の大きさを有する３次元の領域を求めても良い。この場合も、断面設定部９は、血管の長軸方向に向けて所定間隔ごとに、所定の大きさを有する３次元領域を設定し、各３次元領域の位置を示す情報（座標情報）を評価値算出部１０に出力する。

【００３０】

評価値算出部１０は、血管径算出部１１と、断面積算出部１２と、体積算出部１３と、壁厚算出部１４と、最大値算出部１５とを備えている。評価値算出部１０は、血管領域抽出部７から出力された血管の形態を表す第１データを受け付け、さらに、各位置における直交断面の座標情報を断面設定部９から受け付けて、各直交断面における血管の径や内腔の面積などを求める。以下、評価値算出部１０の各部の機能について説明する。

【００３１】

血管径算出部１１は、第１データに表わされた血管の形態に基づいて、断面設定部９によって設定された各直交断面の位置における血管の径の長さを求める。この実施形態では、血管径算出部１１は、血管の外径の長さを求める。例えば、血管径算出部１１は、直交断面における血管の外径のうち、値が最大となる外径を、その直交断面における血管の外径とする。さらに、血管径算出部１１は、各直交断面における外径の長さに基づいて、各直交断面における血管の外周の長さを求める。例えば、各直交断面における血管の形状を円形状と仮定し、各直交断面における外径の長さに基づいて各直交断面における血管の外周の長さを求める。そして、血管径算出部１１は、各直交断面の位置における血管の外径の長さと外周の長さとを求め、各直交断面の位置を示す座標情報と、各直交断面の位置における血管の外周の長さとを、割合算出部１６に出力する。これにより、血管の長軸方向に対する血管の径の変化と外周の変化とが求められる。例えば、血管径算出部１１は、図３に示す第１データ２１０に表わされた血管の形態に基づいて、各直交断面の位置における血管の径の長さを求め、さらに、各直交断面の位置における血管の外周の長さを求める。

【００３２】

断面積算出部１２は、第１データに表わされた血管の形態に基づいて、断面設定部９によって設定された各直交断面の位置における血管の内腔の面積を求める。具体的には、断面積算出部１２は、第１データの画素値に基づいて各直交断面の位置における血管の内膜の位置を検出し、その内膜の内側を内腔として、その内腔の面積を求める。そして、断面積算出部１２は、各直交断面の位置を示す座標情報と、各直交断面の位置における内腔の面積とを、割合算出部１６に出力する。これにより、血管の長軸方向に対する内腔の面積の変化が求められる。例えば、断面積算出部１２は、図３に示す第１データ２１０に表わされた血管の形態に基づいて、各直交断面の位置における血管の内腔の面積を求める。

【００３３】

ここで、血管の径と内腔とについて図４を参照して説明する。図４は、短軸断面における血管の形状を示す図である。例えば図４に示すように、血管径算出部１１は、直交断面における血管３００の外径Ｄの長さを求める。そして、血管径算出部１１は、その外径Ｄの長さに基づいて血管３００の外周の長さを求める。また、断面積算出部１２は、第１データの画素値に基づいて、或る直交断面における血管３００の内膜３１０の位置を検出し、その内膜３１０で囲まれている範囲を内腔３３０として、その内腔３３０の面積を求める。

【００３４】

また、断面設定部９が、直交断面を設定する代わりに、中心線に直交する所定の大きさ

を有する３次元領域を設定した場合、体積算出部１３は、３次元領域における内腔の体積を求める。体積算出部１３は、各３次元領域における内腔の体積を求め、各３次元領域の位置を示す座標情報と、各３次元領域における内腔の体積とを、割合算出部１６に出力する。

【００３５】

割合算出部１６は、各直交断面における血管の外周の長さを血管径算出部１１から受け付け、さらに、各直交断面における内腔の面積を断面積算出部１２から受け付ける。そして、割合算出部１６は、同じ位置の直交断面における外周の長さと、内腔の面積との比を求める。例えば、割合算出部１６は、内腔の面積を外周の長さで除算することで、外周の長さに対する内腔の面積の割合を求める。割合算出部１６は、各直交断面における内腔の面積と外周の長さとの比を求め、各直交断面における比を狭窄判定部１７に出力する。これにより、血管の長軸方向に対する割合の変化が求められる。例えば、割合算出部１６は、図３に示す第１データ２１０に表わされた血管の各直交断面における血管の外周の長さと、各直交断面における内腔の面積との比を求める。なお、割合算出部１６が、この発明の「割合算出手段」の１例に相当する。

【００３６】

狭窄判定部１７は、各直交断面の位置における内腔の面積と外周の長さとの比を割合算出部１６から受け付けて、その比に基づいて、各直交断面において狭窄の疑いがあるか否かの判定を行う。そして、狭窄判定部１７は、この判定によって狭窄の疑いがある部位を狭窄候補として、その狭窄候補の位置を特定する。例えば、狭窄の有無を判定するための所定の閾値を狭窄判定部１７に設定しておく。狭窄判定部１７は、外周の長さに対する内腔の面積の割合が、その閾値以下なった直交断面の位置を、狭窄の疑いがある箇所と判定する。すなわち、狭窄が発生している場合は、内腔の面積が減少しているため、外周の長さに対する内腔の面積の割合も減少している。従って、割合が閾値以下となっている場所を、狭窄の疑いがある箇所と判定する。また、内腔の面積が一定で、外側方向に血管が肥大している症例については、内腔の面積は減少しないが、外周の長さが長くなる分、外周の長さに対する内腔の面積の割合が減少する。従って、割合によって狭窄の疑いがある箇所を判定することで、内腔の面積が一定で、外側方向に血管が肥大している症例についても、狭窄の疑いがある箇所を検出することができる。

【００３７】

また、割合算出部１６は、外周の長さを内腔の面積で除算することで、内腔の面積に対する外周の長さの割合を求め、狭窄判定部１７は、その割合が予め設定された所定値以上になった直交断面の位置を、狭窄の疑いがある箇所と判定しても良い。

【００３８】

狭窄判定部１７は、各直交断面について狭窄の有無を判定することで、狭窄の疑いがある狭窄候補を特定する。狭窄の疑いがある部位（狭窄候補）が、関心領域（ＲＯＩ）である。狭窄の疑いがある部位を発見した場合、狭窄判定部１７は、狭窄の疑いがあることを示す情報を制御部２３に出力し、さらに、狭窄候補を示す関心領域（ＲＯＩ）の座標情報を制御部２３に出力する。なお、狭窄判定部１７が、この発明の「狭窄判定手段」の１例に相当する。

【００３９】

具体的には、狭窄判定部１７は、長軸方向における狭窄候補（関心領域）の範囲と短軸方向における狭窄候補（関心領域）の範囲とを求める。例えば、狭窄判定部１７は、各直交断面における内腔の面積の値を断面積算出部１２から受けて、長軸方向に対する内腔の面積の変化に基づいて、長軸方向における狭窄候補（関心領域）の範囲を特定する。また、狭窄判定部１７は、各直交断面における血管の形状に基づいて、短軸方向における狭窄候補（関心領域）の範囲を特定する。例えば、狭窄判定部１７は、各直交断面における血管の径を血管径算出部１１から受けて、その血管の径に基づいて、短軸方向における狭窄候補（関心領域）の範囲を特定する。

【００４０】

ここで、長軸方向に対する内腔の面積の変化について図５を参照して説明する。図５は、内腔の面積の変化を示すグラフである。図５に示すグラフにおいて、横軸は血管の長軸方向の距離を示し、縦軸は内腔の面積を示している。狭窄判定部１７は、内腔の面積と外周の長さとの比が、予め設定された閾値以下となる領域を狭窄候補とする。例えば、狭窄判定部１７は、内腔の面積の変化を示すグラフにおいて、面積が減少し始める位置Ａと、面積が増加して一定の面積に戻る位置Ｂとを特定し、位置Ａと位置Ｂとの間を関心領域（ＲＯＩ）とする。この位置Ａと位置Ｂとの間が、関心領域（ＲＯＩ）の長軸方向の範囲となる。また、図４に示すように、狭窄判定部１７は、血管３００の外径Ｄの長さを有する範囲を、関心領域（ＲＯＩ）の短軸方向の範囲とする。そして、狭窄判定部１７は、長軸方向の範囲と短軸方向の範囲とで規定される関心領域（ＲＯＩ）の座標情報を制御部２３に出力する。

【００４１】

例えば、狭窄判定部１７は、図３に示す第１データ２１０に表わされた血管の各直交断面における内腔の面積と外周の長さとの比に基づいて、第１データ２１０に表わされた血管において、狭窄の疑いがある狭窄候補（関心領域）を特定する。図３に示す例では、狭窄判定部１７は、狭窄の疑いがある狭窄候補（関心領域）２３０、２３１、２３２を特定する。狭窄候補２３０には、血管の形状が変異している部位２２０が含まれ、狭窄候補２３１には、血管の形状が変異している部位２２１が含まれ、狭窄候補２３２には、血管の形状が変異している部位２２２が含まれている。そして、狭窄判定部１７は、関心領域２３０（狭窄候補）の位置を示す座標情報と、関心領域２３１の位置を示す座標情報と、関心領域２３２の位置を示す座標情報とを制御部２３に出力する。

【００４２】

また、割合算出部１６は、体積算出部１３によって求められた各３次元領域における内腔の体積と、血管径算出部１１によって求められた外周の長さとの比を求め、狭窄判定部１７は、その比に基づいて狭窄候補の位置を特定しても良い。例えば、割合算出部１６は、３次元領域における内腔の体積を、その３次元領域に含まれる或る短軸断面における血管の外周の長さによって除算することで、外周の長さに対する内腔の体積の割合を求める。そして、狭窄判定部１７は、体積の割合が、予め設定された閾値以下になる３次元領域の位置を、狭窄候補の位置として特定する。割合算出部１６は、各３次元領域における外周の長さに対する内腔の体積の割合を求め、狭窄判定部１７は、各３次元領域における割合に基づいて、各３次元領域における狭窄の有無を判断する。そして、狭窄判定部１７は、狭窄の疑いがある部位（狭窄候補）がある３次元領域を関心領域（ＲＯＩ）として、その狭窄候補を示す関心領域（ＲＯＩ）の座標情報を制御部２３に出力する。

【００４３】

制御部２３は、スキャン制御部２４と、設定部２５と、設定条件記憶部２６とを備えている。設定条件記憶部２６には、上述したようにスキャン条件が記憶されている。スキャン制御部２４は、上述したように、スキャン条件に従って送受信部３による超音波の送受信を制御する。

【００４４】

制御部２３は、狭窄の疑いがあることを示す情報を狭窄判定部１７から受けると、狭窄の疑いがある部位が発見されたことを操作者に報知するため、その報知の指示を表示制御部１９に出力する。表示制御部１９は、その指示に従って、狭窄候補が発見された旨を表示部２１に表示させる。例えば、表示制御部１９は、狭窄候補が発見された旨のメッセージを表示部２１に表示させる。また、ユーザインターフェース（ＵＩ）２０に、図示しないスピーカを設置し、表示制御部１９は、狭窄候補が発見された旨の音声をそのスピーカに発生させても良い。

【００４５】

以上のように、表示部２１にメッセージを表示したり、スピーカから音声を発生したりすることにより、狭窄の疑いがある部位が発見されたことを操作者に報知する。この報知によって、超音波プローブ２の位置を固定するように操作者に促す。すなわち、１次スキ

ャンにおいては、操作者は超音波プローブ２を被検体の体表上で移動させているため、超音波診断装置１は、上記の報知によって、超音波プローブ２の移動を停止するように操作者に促す。操作者は、上記の報知に従って、超音波プローブ２の移動を停止し、被検体の体表上で超音波プローブ２の位置を固定する。なお、表示制御部１９とユーザインターフェース（ＵＩ）２０とが、この発明の「報知手段」の１例に相当する。

【００４６】

一方、設定部２５は、関心領域（ＲＯＩ）の座標情報に基づいて、その関心領域（ＲＯＩ）を含む範囲に、２次スキャンの対象となる第２走査領域を設定する。そして、設定部２５は、第２走査領域の位置を示す情報（座標情報）をスキャン制御部２４に出力する。

【００４７】

ここで、設定部２５によって設定される２次スキャン領域について図６を参照して説明する。図６は、１次スキャンにおける走査領域と、２次スキャンにおける走査領域とを示す模式図である。

【００４８】

上述したように、第１走査領域２００は、超音波プローブ２が被検体の体表上において或る位置における３次元の走査領域であって、１次スキャンにおいて走査される領域である。一方、第２走査領域２４０、２４１、２４２は、設定部２５によって設定された２次スキャンの対象となる３次元の領域である。第２走査領域２４０、２４１、２４２のそれぞれの大きさは、１次スキャンにおける第１走査領域２００の大きさよりも小さく、第１走査領域２００に含まれている。例えば、第２走査領域２４０は、図３に示す関心領域（ＲＯＩ）２３０を含む領域であり、第２走査領域２４１は、関心領域（ＲＯＩ）２３１を含む領域であり、第２走査領域２４２は、関心領域（ＲＯＩ）２３２を含む領域である。つまり、設定部２５は、関心領域（ＲＯＩ）２３０の座標情報に基づいて、その関心領域（ＲＯＩ）２３０を含む範囲に２次スキャンの対象となる第２走査領域２４０を設定する。同様に、設定部２５は、関心領域（ＲＯＩ）２３１の座標情報に基づいて、その関心領域（ＲＯＩ）２３１を含む範囲に２次スキャンの対象となる第２走査領域２４１を設定する。さらに、設定部２５は、関心領域（ＲＯＩ）２３２の座標情報に基づいて、その関心領域（ＲＯＩ）２３２を含む範囲に２次スキャンの対象となる第２走査領域２４２を設定する。従って、２次スキャンの対象となる第２走査領域２４０には、血管の形状が変異している部位２２０が含まれている。同様に、第２走査領域２４１には部位２２１が含まれ、第２走査領域２４２には部位２２２が含まれている。

【００４９】

この実施形態では、１次スキャンにおいて走査された第１走査領域２００には、狭窄の疑いがある個所が３つ発見されているため、３つの関心領域（ＲＯＩ）が設定されている。そのため、２次スキャンの対象となる第２走査領域は、３箇所に設定されている。設定部２５は、２次スキャンの対象となる第２走査領域２４０、２４１、２４２の座標情報をスキャン制御部２４に出力する。スキャン制御部２４は、各第２走査領域の座標情報に従って、第２走査領域２４０、２４１、２４２を送受信部３に走査させる。

【００５０】

２次スキャンの対象となる第２走査領域２４０、２４１、２４２のそれぞれの大きさは、１次スキャンの対象となる第１走査領域２００の大きさよりも小さいため、１次スキャンと同じ条件で走査しても、２次スキャンにおいては、走査線密度を高めることができ、さらに、フレームレート（ボリュームレート）を速めることが可能となる。そのため、２次スキャンでは、狭窄候補を表すより詳細な超音波画像を得ることが可能となる。

【００５１】

（２次スキャン）

設定部２５によって２次スキャンの対象となる第２走査領域がスキャン制御部２４に設定されると、スキャン制御部２４は、２次スキャンの対象となる第２走査領域を送受信部３に走査させる。例えば、上記の報知に従って、操作者が超音波プローブ２の移動を停止し、超音波プローブ２を被検体の体表上で固定させる。その後、操作者が操作部２２を用

いて２次スキャンの開始指示を与えると、その開始指示に応じた信号がユーザインターフェース（ＵＩ）２０から制御部２３に出力される。スキャン制御部２４はその信号を受け付けると、設定部２５によって設定された２次スキャンの対象となる第２走査領域を、送受信部３に走査させる。

【００５２】

この実施形態では、スキャン制御部２４は、第２走査領域２４０、２４１、２４２を送受信部３に走査させる。これにより、超音波プローブ２と送受信部３とは、第２走査領域２４０、２４１、２４２を走査し、第２走査領域２４０におけるボリュームデータと、第２走査領域２４１におけるボリュームデータと、第２走査領域２４２におけるボリュームデータとを取得する。これらのボリュームデータは画像記憶部５に記憶される。

【００５３】

２次スキャンが終了すると、制御部２３は、２次スキャンが終了したことを操作者に報知するために、その報知の指示を表示制御部１９に出力する。表示制御部１９は、その指示に従って、２次スキャンが終了した旨のメッセージを表示部２１に表示させる。また、表示制御部１９は、２次スキャンが終了した旨の音声を、図示しないスピーカに発生させても良い。この実施形態では、第２走査領域２４０、２４１、２４２に対する２次スキャンが終了すると、制御部２３は、２次スキャンが終了したことを報知するための指示を表示制御部１９に出力する。

【００５４】

操作者は、２次スキャンが終了した旨の報知を受けて、１次スキャンを継続するか、検査を終了するかを判断する。１次スキャンを継続する場合、操作者は操作部２２を用いて、１次スキャンの開始指示を与える。操作部２２によって１次スキャンの開始指示が与えられると、その開始指示に応じた信号がユーザインターフェース（ＵＩ）２０から制御部２３に出力される。スキャン制御部２４はその信号を受け付けると、設定条件記憶部２６に記憶されている第１スキャン条件に従って、１次スキャンにおける第１走査領域を送受信部３に走査させる。そして、操作者は超音波プローブ２を被検体の体表上で移動させる。この移動の間、超音波プローブ２と送受信部３とによって超音波を送受信することで１次スキャンを行い、各位置におけるボリュームデータを順次取得する。そして、上述したように、解析部６が、１次スキャンによって得られたボリュームデータに基づいて狭窄候補の有無を判定する。解析部６によって狭窄候補が発見された場合、スキャン制御部２４は設定された関心領域（ＲＯＩ）を対象として２次スキャンを実行することで、狭窄候補が詳細に表わされた超音波画像データを取得する。

【００５５】

一方、２次スキャンが終了すると、血管領域抽出部７は、２次スキャンで取得されたボリュームデータを画像記憶部５から読み込んで、ボリュームデータから血管の形態を表すボリュームデータを抽出する。この実施形態では、血管領域抽出部７は、２次スキャンの対象である第２走査領域２４０におけるボリュームデータを読み込んで、そのボリュームデータから血管の形態を表すボリュームデータを抽出する。なお、２次スキャンによって取得されたボリュームデータから抽出された血管の形態を表すボリュームデータを、第２データと称する場合がある。同様に、血管領域抽出部７は、第２走査領域２４１におけるボリュームデータから血管の形態を表す第２データを抽出し、第２走査領域２４２におけるボリュームデータから血管の形態を表す第２データを抽出する。

【００５６】

また、中心線特定部８は、第２データに表わされる血管の中心線の位置を求め、断面設定部９は、血管の長軸方向に向けて所定間隔ごとに、中心線に直交する短軸断面（直交断面）の位置を求める。

【００５７】

そして、血管径算出部１１は、第２データに表わされた血管の形態に基づいて、断面設定部９によって設定された各直交断面の位置における血管の径の長さを求める。例えば、血管径算出部１１は、直交断面における血管の外径のうち、値が最大となる外径を、その

直交断面における血管の外径とする。そして、血管径算出部１１は、各直交断面の位置における血管の外径の長さを求めて、各直交断面の位置を示す座標情報と、各直交断面の位置における血管の外径の長さとを表示制御部１９に出力する。また、血管径算出部１１は、各直交断面の位置における血管の外径の長さを図示しない記憶部に記憶させても良い。例えば、画像記憶部５に、血管の外径の長さを記憶させても良い。

【００５８】

この実施形態では、血管径算出部１１は、２次スキャンの対象である第２走査領域２４０における第２データに基づいて、各直交断面における血管の外径の長さを求める。同様に、血管径算出部１１は、第２走査領域２４１における第２データに基づいて、各直交断面における血管の外径の長さを求め、さらに、第２走査領域２４２における第２データに基づいて、各直交断面における血管の外径の長さを求める。そして、血管径算出部１１は、第２走査領域２４０の各直交断面における血管の外径の長さと、第２走査領域２４１の各直交断面における血管の外径の長さと、第２走査領域２４２の各直交断面における血管の外径の長さとを表示制御部１９に出力する。

【００５９】

また、断面積算出部１２は、第２データに表わされた血管の形態に基づいて、断面設定部９によって設定された各直交断面の位置における血管の内腔の面積を求める。断面積算出部１２は、各直交断面の位置を示す座標情報と、各直交断面の位置における血管の内腔の面積とを表示制御部１９に出力する。また、断面積算出部１２は、各直交断面の位置における血管の内腔の面積を、画像記憶部５などの記憶部に記憶させても良い。

【００６０】

この実施形態では、断面積算出部１２は、２次スキャンの対象である第２走査領域２４０における第２データに基づいて、各直交断面における血管の内腔の面積を求める。同様に、断面積算出部１２は、第２走査領域２４１における第２データに基づいて、各直交断面における血管の内腔の面積を求め、さらに、第２走査領域２４２における第２データに基づいて、各直交断面における血管の内腔の面積を求める。そして、断面積算出部１２は、第２走査領域２４０の各直交断面における血管の内腔の面線と、第２走査領域２４１における各直交断面における血管の内腔の面積と、第２走査領域２４２における各直交断面における血管の内腔の面積とを表示制御部１９に出力する。

【００６１】

また、体積算出部１３は、第２データに表わされた血管の形態に基づいて、血管の内腔の体積を求める。この実施形態では、体積算出部１３は、２次スキャンの対象である第２走査領域２４０における第２データに基づいて、第２走査領域２４０に含まれる血管の内腔の体積を求める。同様に、体積算出部１３は、第２走査領域２４１における第２データに基づいて、第２走査領域２４１に含まれる血管の内腔の体積を求め、さらに、第２走査領域２４２における第２データに基づいて、第２走査領域２４２に含まれる血管の内腔の体積を求める。そして、体積算出部１３は、各第２走査領域における血管の内腔の体積を表示制御部１９に出力する。また、体積算出部１３は、各第２走査領域における血管の内腔の体積を、画像記憶部５などの記憶部に記憶させても良い。

【００６２】

さらに、壁厚算出部１４は、第２データに表わされた血管の形態に基づいて、断面設定部９によって設定された各直交断面の位置における血管の壁厚を求める。例えば、壁厚算出部１４は、直交断面における血管の壁厚のうち、値が最大となる壁厚を、その直交断面における血管の壁厚とする。例えば、壁厚算出部１４は、第２データの画素値に基づいて、直交断面における血管の内膜の位置と外膜の位置とを検出し、内膜と外膜との間の距離を壁厚として求める。１例として、壁厚算出部１４は、内膜上において所定間隔ごとに、内膜に直交する仮想線を設定し、各仮想線と外膜とが交わる各点を求める。そして、壁厚算出部１４は、仮想線が交わる内膜上の点と外膜上の点との間の距離を求め、その距離を血管の壁厚とする。壁厚算出部１４は、血管の各点における壁厚を求め、値が最大となる壁厚を、その直交断面における血管の壁厚とする。例えば図４に示すように、壁厚算出部

１４は、第２データの画素値に基づいて、或る直交断面における血管３００の内膜３１０の位置と外膜３２０の位置とを検出し、内膜３１０と外膜３２０との間の距離を壁厚Ｔとして求める。壁厚算出部１４は、所定間隔ごとに内膜３１０と外膜３２０との間の距離（壁厚）を求め、値が最大となる壁厚Ｔを、その直交断面における血管３００の壁厚とする。そして、壁厚算出部１４は、各直交断面の位置における壁厚を求めて、各直交断面の位置を示す情報と、各直交断面の位置における血管の壁厚とを表示制御部１９に出力する。また、壁厚算出部１４は、各直交断面の位置における血管の壁厚を、画像記憶部５などの記憶部に記憶させても良い。

【００６３】

この実施形態では、壁厚算出部１４は、２次スキャンの対象である第２走査領域２４０における第２データに基づいて、各直交断面における血管の壁厚を求める。同様に、壁厚算出部１４は、第２走査領域２４１における第２データに基づいて、各直交断面における血管の壁厚を求め、さらに、第２走査領域２４２における第２データに基づいて、各直交断面における血管の壁厚を求める。そして、壁厚算出部１４は、第２走査領域２４０の各直交断面における血管の壁厚と、第２走査領域２４１の各直交断面における血管の壁厚と、第２走査領域２４２の各直交断面における血管の壁厚とを表示制御部１９に出力する。

【００６４】

最大値算出部１５は、各第２走査領域の各直交断面における壁厚の値を受けて、第２走査領域ごとに、壁厚の最大値、最小値、又は平均値を求める。この実施形態では、最大値算出部１５は、第２走査領域２４０の各直交断面における壁厚の値を受けて、第２走査領域２４０における壁厚の最大値、最小値、又は平均値を求める。同様に、最大値算出部１５は、第２走査領域２４１の各直交断面における壁厚の値を受けて、第２走査領域２４１における壁厚の最大値、最小値、又は平均値を求める。さらに、最大値算出部１５は、第２走査領域２４２の各直交断面における壁厚の値を受けて、第２走査領域２４２における壁厚の最大値、最小値、又は平均値を求める。なお、最大値算出部１５は、壁厚の最大値、最小値、及び平均値のうち、１種類以上の値を求めれば良い。例えば、最大値算出部１５は、壁厚さの最大値、最小値、及び平均値のうち、すべての種類の値を求めても良いし、いずれか１つの種類の値を求めても良い。そして、最大値算出部１５は、各第２走査領域における最大値、最小値、又は平均値を表示制御部１９に出力する。また、最大値算出部１５は、各第２走査領域における最大値、最小値、又は平均値を、画像記憶部５などの記憶部に記憶させても良い。

【００６５】

一方、画像生成部１８は、２次スキャンで取得されたボリュームデータを画像記憶部５から読み込んで、そのボリュームデータに画像処理を施すことで、表示用の画像データを生成する。例えば、画像生成部１８は、ボリュームデータにＭＰＲ処理を施すことで、血管の長軸断面におけるＭＰＲ画像データ（長軸像データ）を生成し、さらに、血管の短軸断面におけるＭＰＲ画像データ（短軸像データ）を生成する。なお、長軸断面の位置や短軸断面の位置は、操作者が操作部２２を用いて指定することができ、画像生成部１８は、操作部２２によって指定された断面におけるＭＰＲ画像データを生成する。そして、画像生成部１８は、長軸像データや短軸像データなどの超音波画像データを表示制御部１９に出力する。また、画像生成部１８は、第２走査領域におけるボリュームデータにボリュームレンダリングを施すことで、血管を立体的に表わす３次元画像データを生成しても良い。また、画像生成部１８は、長軸像データや短軸像データなどの超音波画像データを、画像記憶部５などの記憶部に記憶させても良い。

【００６６】

この実施形態では、画像生成部１８は、２次スキャンの対象である第２走査領域２４０におけるボリュームデータを読み込んで、そのボリュームデータにＭＰＲ処理を施すことで、第２走査領域２４０における長軸像データと短軸像データとを生成する。同様に、画像生成部１８は、第２走査領域２４１におけるボリュームデータに基づいて長軸像データと短軸像データとを生成し、さらに、第２走査領域２４２におけるボリュームデータに基

づいて長軸像データと短軸像データとを生成する。そして、画像生成部１８は、各第２走査領域における長軸像データと短軸像データとを表示制御部１９に出力する。

【００６７】

さらに、画像生成部１８は、１次スキャンによって取得されたボリュームデータを画像記憶部５から読み込んで、そのボリュームデータに画像処理を施すことで、表示用の画像データを生成する。例えば、画像生成部１８は、１次スキャンの対象である第１走査領域２００におけるボリュームデータを読み込んで、そのボリュームデータにボリュームレンダリングを施すことで、血管を立体的に表わす３次元画像データを生成する。そして、画像生成部１８は、３次元画像データを表示制御部１９に出力する。また、画像生成部１８は、１次スキャンにおける超音波画像データを画像記憶部５などの記憶部に記憶させても良い。

【００６８】

表示制御部１９は、３次元画像データやＭＰＲ画像データなどの超音波画像データを画像生成部１８から受けて、３次元画像データに基づく３次元画像やＭＰＲ画像データに基づくＭＰＲ画像を表示部２１に表示させる。この実施形態では、表示制御部１９は、２次スキャンの対象である第２走査領域における長軸像データと短軸像データとを画像生成部１８から受けて、各第２走査領域における長軸像と短軸像とを表示部２１に表示させる。また、表示制御部１９は、１次スキャンの対象である第１走査領域における３次元画像データを画像生成部１８から受けて、その３次元画像データに基づく３次元画像を表示部２１に表示させる。また、超音波画像データを画像記憶部５などの記憶部に記憶させている場合、表示制御部１９は、その記憶部から３次元画像データやＭＰＲ画像データなどの超音波画像データを読み込んで、超音波画像を表示部２１に表示させる。

【００６９】

また、表示制御部１９は、評価値算出部１０によって求められた各種の値を表示部２１に表示させる。例えば、表示制御部１９は、各第２走査領域における血管の外径の長さや、内腔の面積や、壁厚や、内腔の体積などを表示部２１に表示させる。

【００７０】

なお、評価値算出部１０が、この発明の「算出手段」の１例に相当する。また、画像生成部１８が、この発明の「画像生成手段」の１例に相当する。また、表示制御部１９が、この発明の「表示制御手段」の１例に相当する。

【００７１】

ここで、２次スキャンによって取得された画像の１例を図７に示す。図７は、この実施形態に係る超音波診断装置によって取得された画像を示す画面の図である。

【００７２】

１例として、表示制御部１９は、第１走査領域２００におけるボリュームデータに基づいて生成された３次元画像４００を表示部２１に表示させる。この３次元画像４００は、１次スキャンの結果作成された画像であり、血管が立体的に表わされている。また、制御部２３は、第２走査領域に含まれる関心領域（ＲＯＩ）の座標情報を表示制御部１９に出力する。表示制御部１９は、関心領域（ＲＯＩ）の座標情報を受けて、その関心領域（ＲＯＩ）を囲む枠体のマーカを生成し、血管を表す３次元画像４００に、関心領域（ＲＯＩ）を表すマーカを重ねて表示させても良い。例えば、表示制御部１９は、関心領域（ＲＯＩ）２３０を表すマーカ４１０と、関心領域（ＲＯＩ）２３１を表すマーカ４１１を生成し、関心領域（ＲＯＩ）２３２を表すマーカ４１２を生成する。そして、表示制御部１９は、マーカ４１０、４１１、４１２のそれぞれを、３次元画像４００における各関心領域（ＲＯＩ）の位置に重ねて表示部２１に表示させる。これにより、狭窄候補と判定された箇所にマーカが表され、狭窄候補が、スキャンされた血管のどの部分に相当するかを表示することが可能となる。例えば、マーカ４１０によって囲まれた範囲内には、血管の形状が変異している部位２２０の像４２０が表され、マーカ４１１によって囲まれた範囲内には、血管の形状が変異している部位２２１の像４２１が表され、マーカ４１２によって囲まれた範囲内には、血管の形状が変異している部位２２２の像４２２が表されている。

【００７３】
さらに、表示制御部１９は、２次スキャンによって取得された長軸像と短軸像とを表示部２１に表示させる。この実施形態では、３つの第２走査領域が設定されて２次スキャンが行われているため、表示制御部１９は、表示部２１の画面上の領域を３つの領域４３０、４４０、４５０に分ける。
【００７４】
そして、表示制御部１９は、領域４３０内に、第２走査領域２４０におけるボリュームデータに基づいて生成された長軸像４３１と短軸像４３２とを並べて表示させる。さらに、表示制御部１９は、領域４３０内に、第２走査領域２４０における血管の内腔の面積と、血管の外径の長さとを表示させる。血管径算出部１１によって、第２走査領域２４０の各直交断面の位置（長軸方向の各位置）における血管の外径の長さが求められている。また、断面積算出部１２によって、第２走査領域２４０の各直交断面の位置（長軸方向の各位置）における内腔の面積が求められている。従って、表示制御部１９は、長軸方向の位置（距離）に対する内腔の面積の変化を表すグラフ４３３を作成し、さらに、長軸方向の位置（距離）に対する外径の長さの変化を表すグラフ４３４を作成する。そして、表示制御部１９は、内腔の面積を表すグラフ４３３と、外径の長さを表すグラフ４３４とを、領域４３０内に表示させる。
【００７５】
同様に、表示制御部１９は、領域４４０内に、第２走査領域２４１におけるボリュームデータに基づいて生成された長軸像４４１と短軸像４４２とを並べて表示させる。さらに、表示制御部１９は、長軸方向の位置に対する内腔の面積の変化を表すグラフ４４３と、長軸方向の位置に対する外径の長さの変化を表すグラフ４４４とを作成する。そして、表示制御部１９は、内腔の面積を表すグラフ４４３と、外径の長さを表すグラフ４４４とを、領域４４０内に表示させる。
【００７６】
さらに、表示制御部１９は、領域４５０内に、第２走査領域２４２におけるボリュームデータに基づいて生成された長軸像４５１と短軸像４５２とを並べて表示させる。さらに、表示制御部１９は、長軸方向の位置に対する内腔の面積の変化を表すグラフ４５３と、長軸方向の位置に対する外径の長さの変化を表すグラフ４５４とを作成する。そして、表示制御部１９は、内腔の面積を表すグラフ４５３と、外径の長さを表すグラフ４５４とを、領域４５０内に表示させる。
【００７７】
さらに、表示制御部１９は、壁厚算出部１４によって求められた壁厚を表示部２１に表示させても良い。壁厚算出部１４によって、各第２走査領域の各直交断面の位置（長軸方向の各位置）における壁厚が求められている。従って、表示制御部１９は、長軸方向の位置（距離）に対する壁厚の変化を表すグラフを第２走査領域ごとに作成し、そのグラフを表示部２１に表示させても良い。また、表示制御部１９は、壁厚の最大値、最小値、又は平均値を表示部２１に表示させても良い。また、表示制御部１９は、体積算出部１３によって求められた各第２走査領域における血管の内腔の体積を表示部２１に表示させても良い。
【００７８】
なお、この実施形態では、すべての第２走査領域における画像やグラフを表示しているが、操作者が指定した第２走査領域における画像やグラフを表示しても良い。例えば、操作者が操作部２２を用いて、マーカ４１０、４１１、４１２のうち、いずれか所望のマーカを指定すると、表示制御部１９は、指定されたマーカが示す第２走査領域における画像やグラフを表示部２１に表示するようにしても良い。１例として、操作者が操作部２２を用いてマーカ４１０を指定した場合、表示制御部１９は、マーカ４１０が示す第２走査領域２４０における長軸像４３１と短軸像４３２とグラフ４３３とグラフ４３４とを表示部２１に表示させる。
【００７９】

また、長軸像と短軸像とグラフとをすべて表示しているが、１つ以上の情報を表示すれば良い。例えば、短軸像のみを表示したり、長軸像のみを表示したりしても良い。また、短軸像と長軸像とを表示し、グラフを表示しなくても良いし、グラフのみを表示して、短軸像と長軸像とを表示しなくても良い。例えば、表示制御部１９は、操作者が操作部２２を用いて指定した情報のみを表示部２１に表示するようにしても良い。

【００８０】

ユーザインターフェース（ＵＩ）２０は、表示部２１と操作部２２とを備えている。表示部２１は、ＣＲＴや液晶ディスプレイなどで構成されている。操作部２２は、ジョイスティックやトラックボールなどのポインティングデバイス、スイッチ、各種ボタン、キーボード又はＴＣＳ（Ｔｏｕｃｈ　Ｃｏｍｍａｎｄ　Ｓｃｒｅｅｎ）などで構成されている。操作者は操作部２２を用いることで、スキャン条件を入力することができる。例えば、操作者は操作部２２を用いることで、走査線密度や超音波を送信する深さなどのスキャン条件を入力する。操作部２２で入力されたスキャン条件は、ユーザインターフェース（ＵＩ）２０から制御部２３に出力され、設定条件記憶部２６に記憶される。

【００８１】

また、操作者は操作部２２を用いることで、１次スキャンの開始又は２次スキャンの開始を指示することができる。操作部２２を用いて１次スキャンの開始の指示が与えられると、その指示に対応する信号がユーザインターフェース（ＵＩ）２０から制御部２３に出力される。スキャン制御部２４は、その開始指示に従って、１次スキャンの条件で送受信部３に走査を実行させる。また、操作部２２を用いて２次スキャンの開始の指示が与えられると、その指示に対応する信号がユーザインターフェース（ＵＩ）２０から制御部２３に出力され、スキャン制御部２４は、２次スキャンの条件で送受信部３に走査を実行させる。

【００８２】

なお、解析部６は、図示しないＣＰＵと、ＲＯＭ、ＲＡＭなどの記憶装置とを備えている。記憶装置には、解析部６の機能を実行するための解析プログラムが記憶されている。この解析プログラムには、血管領域抽出部７の機能を実行するための抽出プログラムと、中心線特定部８の機能を実行するための中心線特定プログラムと、断面設定部９の機能を実行するための断面設定プログラムと、評価値算出部１０の機能を実行するための評価値算出プログラムと、割合算出部１６の機能を実行するための割合算出プログラムと、狭窄判定部１７の機能を実行するための狭窄判定プログラムとが含まれている。また、評価値算出プログラムには、血管径算出部１１の機能を実行するための血管径算出プログラムと、断面積算出部１２の機能を実行するための断面積算出プログラムと、体積算出部１３の機能を実行するための体積算出プログラムと、壁厚算出部１４の機能を実行するための壁厚算出プログラムと、最大値算出部１５の機能を実行するための最大値算出プログラムとが含まれている。

【００８３】

そして、ＣＰＵが抽出プログラムを実行することにより、ボリュームデータから血管の形態を表すボリュームデータを抽出する。また、ＣＰＵが中心線特定プログラムを実行することにより、血管の形態を表すボリュームデータに基づいて血管の中心線を特定する。また、ＣＰＵが断面設定プログラムを実行することにより、中心線に直交する直交断面の位置を求める。さらに、ＣＰＵが血管径算出プログラムを実行することにより、各直交断面における血管の径を求める。また、ＣＰＵが断面積算出プログラムを実行することにより、各直交断面における血管の内腔の面積を求める。また、ＣＰＵが体積算出プログラムを実行することにより、各３次元領域における内腔の体積を求める。さらに、ＣＰＵが割合算出プログラムを実行することにより、各直交断面における血管の外周の長さと内腔の面積との比を求める。また、ＣＰＵが狭窄判定プログラムを実行することにより、その比に基づいて、狭窄候補の有無を判定し、狭窄候補の位置を特定する。一方、ＣＰＵが壁厚算出プログラムを実行することで、各直交断面における血管の壁厚を求める。また、ＣＰＵが最大値算出プログラムを実行することにより、壁厚の最大値などを求める。

【００８４】
また、画像生成部１８は、図示しないＣＰＵと、ＲＯＭ、ＲＡＭなどの記憶装置とを備えている。記憶装置には、画像生成部１８の機能を実行するための画像生成プログラムが記憶されている。ＣＰＵが画像生成プログラムを実行することにより、ボリュームデータにボリュームレンダリングやＭＰＲ処理などの画像処理を施す。
【００８５】
また、表示制御部１９は、図示しないＣＰＵと、ＲＯＭ、ＲＡＭなどの記憶装置とを備えている。記憶装置には、表示制御部１９の機能を実行するための表示制御プログラムが記憶されている。ＣＰＵが表示制御プログラムを実行することにより、超音波画像や内腔の面積などの評価値を表示部２１に表示させる。
【００８６】
また、制御部２３は、図示しないＣＰＵと、ＲＯＭ、ＲＡＭなどの記憶装置とを備えている。記憶装置には、制御部２３の機能を実行するための制御プログラムが記憶されている。この制御プログラムには、スキャン制御部２４の機能を実行するためのスキャン制御プログラムと、設定部２５の機能を実行するための設定プログラムとが含まれている。ＣＰＵがスキャン制御プログラムを実行することにより、送受信部３による超音波の送受信を制御する。また、ＣＰＵが設定プログラムを実行することにより、２次スキャンの対象となる第２走査領域を求める。
【００８７】
なお、制御プログラムと解析プログラムとによって、この発明の「超音波診断装置の制御プログラム」の１例を構成する。
【００８８】
以上のように、この実施形態に係る超音波診断装置１によると、血管狭窄の検査に必要な複数のプロセスを一度に行うことにより、検査効率の向上を図ることが可能となる。すなわち、この実施形態に係る超音波診断装置１は、１次スキャンによって取得されたボリュームデータに基づいて狭窄候補の有無を判定し、狭窄候補が検出された場合は、一連の撮影において引き続き、その狭窄候補の部位を２次スキャンによって撮影する。そして、その２次スキャンで得られたボリュームデータに基づいて、精査用の画像データや数値データなどを取得する。このように、狭窄候補の検出と狭窄候補の精査とを一連の撮影内で行うことで、狭窄の診察に要する時間を削減することが可能となり、検査の効率化を図ることが可能となる。また、この実施形態に係る超音波診断装置１によると、狭窄候補を検出するための１次スキャンと、その狭窄候補を精査するための２次スキャンとを、一連の撮影内で行うため、超音波プローブの位置合わせや、同一の画像を得るための設定などを行う必要がない。そのことにより、煩雑な作業を低減することが可能となり、検査の効率化を図ることが可能となる。
【００８９】
また、この実施形態に係る超音波診断装置１によると、血管の径の長さ（外周の長さ）に対する内腔の面積の割合を求め、その割合に基づいて狭窄の有無を判定しているため、血管が外側方向に肥大している症例であっても、狭窄の有無を判定することが可能となる。例えば、内腔の面積は減少していないが、血管が外側方向に肥大している症例においては、内腔の面積は変化していないため、内腔の面積の変化のみを観察しているだけでは、狭窄候補を検出することが困難である。血管が外側方向に肥大している場合は、血管の径の長さ（外周の長さ）が長くなるため、血管の径の長さ（外周の長さ）に対する内腔の面積の割合が減少する。この実施形態に係る超音波診断装置１は、その割合を求めているため、その割合の減少に基づいて狭窄候補を検出することが可能となる。このように、この実施形態に係る超音波診断装置１によると、血管が外側方向に肥大し、内腔の面積が変化しない症例であっても、狭窄候補を検出することが可能となる。さらに、血管の内腔の面積のみならず、血管の壁厚も計測しているため、その壁厚によっても、血管が外側方向に肥大している症例の評価を行うことが可能となる。
【００９０】

（動作）
次に、この実施形態に係る超音波診断装置１による一連の動作について図８を参照して説明する。図８は、この発明の実施形態に係る超音波診断装置による一連の動作を示すフローチャートである。
【００９１】
（ステップＳ０１）
まず、１次スキャンを実行する。例えば図２に示すように、操作者は超音波プローブ２を持って、患者の足１００の長さ方向（Ｘ方向）に超音波プローブ２を移動させる。この移動の間、超音波プローブ２と送受信部３とによって超音波を送受信することで、足１００の各位置におけるボリュームデータを取得する。この１次スキャンにおいては、スキャン制御部２４は、第１スキャン条件に従って、送受信部３による走査を制御する。１次スキャンで取得された各ボリュームデータは画像記憶部５に順次記憶される。また、１次スキャンで得られたボリュームデータに基づいて表示用の画像データを生成し、その画像データに基づく画像を表示部２１に表示させる。例えば、１次スキャンで得られたボリュームデータを信号処理部４のＣＦＭ処理部によって処理し、パワードプラなどの画像を表示部２１に表示させる。これにより、血管の形状を認識することが可能となる。
【００９２】
（ステップＳ０２）
血管領域抽出部７は、１次スキャンで取得されたボリュームデータを画像記憶部５から順次読み込んで、ボリュームデータから血管の形態を表すボリュームデータ（第１データ）を抽出する。例えば１次スキャンによって図３に示す第１走査領域２００のボリュームデータが取得されると、血管領域抽出部７は、第１走査領域２００におけるボリュームデータから、血管の形態を表す第１データ２１０を抽出し、その第１データ２１０を中心線特定部８と評価値算出部１０とに出力する。
【００９３】
（ステップＳ０３）
中心線特定部８は、第１データ２１０に表わされる血管の中心線の位置を特定する。また、断面設定部９は、血管の長軸方向に向けて所定間隔ごとに、血管の中心線に直交する直交断面の位置を求める。
【００９４】
（ステップＳ０４）
血管径算出部１１は、第１データ２１０に表わされた血管の形態に基づいて、各直交断面の位置における血管の径の長さを求める。例えば、血管径算出部１１は、直交断面における血管の外径のうち、値が最大となる外径を、その直交断面における血管の外径とする。そして、血管径算出部１１は、各直交断面における外径の長さに基づいて、各直交断面における血管の外周の長さを求める。一方、断面積算出部１２は、第１データ２１０に表わされた血管の形態に基づいて、各直交断面の位置における血管の内腔の面積を求める。例えば図４に示すように、血管径算出部１１は、直交断面における血管３００の外径Ｄの長さを求め、その外径Ｄの長さに基づいて血管３００の外周の長さを求める。また、断面積算出部１２は、血管３００の内膜３１０の位置を検出し、内膜３１０で囲まれている範囲を内腔３３０として、その内腔３３０の面積を求める。そして、血管径算出部１１は、各直交断面における血管の外周の長さを割合算出部１６に出力し、断面積算出部１２は、各直交断面における内腔の面積を割合算出部１６に出力する。
【００９５】
（ステップＳ０５）
割合算出部１６は、同じ位置の直交断面における外周の長さと、内腔の面積との比を求める。例えば、割合算出部１６は、内腔の面積を外周の長さで除算することで、外周の長さに対する内腔の面積の割合を求める。割合算出部１６は、各直交断面における内腔の面積と外周の長さとの比を求め、各直交断面における比を狭窄判定部１７に出力する。
【００９６】

（ステップＳ０６）
狭窄判定部１７は、外周の長さに対する内腔の面積の割合が、予め設定された閾値以下になった直交断面の位置を、狭窄の疑いがある箇所と判定する。狭窄の疑いがある個所を発見した場合（ステップＳ０６、Ｙｅｓ）、狭窄判定部１７は、狭窄の疑いがあることを示す情報を制御部２３に出力する。一方、狭窄の疑いが発見されなかった場合（ステップＳ０６、Ｎｏ）、操作者は１次スキャンの対象となる領域が残っているか否かを判断する（ステップＳ１６）。１次スキャンの対象となる領域が残っている場合は（ステップＳ１６、Ｙｅｓ）、操作者は超音波プローブ２を被検体の体表上で移動させて１次スキャンを継続する（ステップＳ０１）。

【００９７】
（ステップＳ０７）
制御部２３は、狭窄の疑いがあることを示す情報を狭窄判定部１７から受けると、狭窄の疑いがある部位が発見されたことを操作者に報知するため、その報知の指示を表示制御部１９に出力する。表示制御部１９は、その指示に従って、狭窄候補が発見された旨を表示部２１に表示させる。例えば、表示制御部１９は、表示部２１にメッセージを表示したり、スピーカから音声を発生させたりする。操作者は、この報知に従って、超音波プローブ２の移動を停止し、被検体の体表上で超音波プローブ２の位置を固定する。

【００９８】
（ステップＳ０８）
一方、狭窄判定部１７は、各直交断面について狭窄の有無を判定することで、狭窄の疑いがある狭窄候補（関心領域）を特定する。具体的には、狭窄判定部１７は、長軸方向における関心領域の範囲と短軸方向における関心領域の範囲とを求める。例えば図５に示すように、狭窄判定部１７は、長軸方向の位置に対する内腔の面積の変化を示すグラフに基づいて、長軸方向における関心領域の範囲を求める。また、図４に示すように、狭窄判定部１７は、血管３００の外径Ｄの長さを有する範囲を、関心領域の短軸方向の範囲とする。そして、狭窄判定部１７は、長軸方向の範囲と短軸方向の範囲とで規定される関心領域（ＲＯＩ）の座標情報を制御部２３に出力する。図３に示す例では、狭窄判定部１７は、関心領域２３０、２３１、２３２を特定し、各関心領域の座標情報を制御部２３に出力する。

【００９９】
（ステップＳ０９）
また、設定部２５は、関心領域（ＲＯＩ）の座標情報に基づいて、その関心領域（ＲＯＩ）を含む範囲に、２次スキャンの対象となる第２走査領域を設定し、その第２走査領域の位置を示す座標情報をスキャン制御部２４に出力する。例えば図６に示すように、設定部２５は、第２走査領域２４０、２４１、２４２を設定する。

【０１００】
（ステップＳ１０）
そして、スキャン制御部２４は、２次スキャンの対象となる第２走査領域を送受信部３に走査させる。例えば、操作者が超音波プローブ２の移動を停止し、超音波プローブ２を被検体の体表上で固定させる。その後、操作者が操作部２２を用いて２次スキャンの開始指示を与えると、その開始指示に応じた信号がユーザインターフェース（ＵＩ）２０から制御部２３に出力される。スキャン制御部２４はその信号を受けると、設定部２５によって設定された第２走査領域を送受信部３に走査させる。図６に示す例では、スキャン制御部２４は、第２走査領域２４０を送受信部３に走査させる。これにより、超音波プローブ２と送受信部３とは、第２走査領域２４０を走査して、第２走査領域２４０におけるボリュームデータを取得する。このボリュームデータは画像記憶部５に記憶される。

【０１０１】
（ステップＳ１１）
そして、画像生成部１８は、２次スキャンで取得されたボリュームデータを画像記憶部５から読み込んで、そのボリュームデータに画像処理を施すことで、表示用の画像データ

を生成する。例えば、画像生成部１８は、第２走査領域２４０におけるボリュームデータにＭＰＲ処理を施すことで、第２走査領域における長軸像データと短軸像データとを生成する。

【０１０２】

（ステップＳ１２）

また、解析部６は、２次スキャンで取得されたボリュームデータを画像記憶部５から読み込んで、血管の外径の長さ、血管の内腔の面積、血管の壁厚、又は内腔の体積などの評価値を求める。

【０１０３】

（ステップＳ１３）

そして、画像生成部１８は、第２走査領域における長軸像データと短軸像データとを図示しない記憶部に記憶させる。同様に、解析部６は、血管の外径の長さや内腔の面積などの評価値を図示しない記憶部に記憶させる。なお、画像記憶部５に、長軸像データ、短軸像データ、及び評価値を記憶しても良い。

【０１０４】

（ステップＳ１４）

スキャン制御部２４は、２次スキャンを行っていない第２走査領域があるか否かを判断する。例えば、第２走査領域２４０、２４１、２４２のうち、第２走査領域２４０のみ走査している場合は、第２走査領域２４１と第２走査領域２４２とが走査されていないため、スキャン制御部２４は、２次スキャンを行っていない第２走査領域があると判断する（ステップＳ１４、Ｙｅｓ）。この場合、再び、ステップＳ１０からステップＳ１３の処理を実行することで、第２走査領域２４１を走査する。そして、第２走査領域２４０、２４１、２４２のすべての領域が走査されるまで、ステップＳ１０からステップＳ１３の処理を繰り返して実行する。

【０１０５】

（ステップＳ１５、ステップＳ１６）

そして、すべての第２走査領域が走査された場合、スキャン制御部２４は、２次スキャンを行っていない第２走査領域はないと判断する（ステップＳ１４、Ｎｏ）。この場合、制御部２３は、２次スキャンが終了したことを操作者に報知するために、その報知の指示を表示制御部１９に出力する。表示制御部１９は、その指示に従って、２次スキャンが終了した旨のメッセージを表示部２１に表示させたり、音声をスピーカに発生させたりする（ステップＳ１５）。そして、１次スキャンの対象となる領域が残っている場合は（ステップＳ１６、Ｙｅｓ）、操作者は超音波プローブ２を被検体の体表上で移動させて１次スキャンを継続する（ステップＳ０１）。

【０１０６】

（ステップＳ１７）

一方、１次スキャンの対象となる領域が残っていない場合は（ステップＳ１６、Ｎｏ）、制御部２３は、２次スキャンを実行したか否かを判断する（ステップＳ１７）。そして、２次スキャンを実行した場合は（ステップＳ１７、Ｙｅｓ）、制御部２３は、表示制御部１９に２次スキャンの結果を表示することを指示する。表示制御部１９は、図示しない記憶部に記憶されている各第２走査領域における長軸像データと短軸像データとを読み込んで、各第２走査領域における長軸像と短軸像とを表示部２１に表示させる（ステップＳ１８）。また、表示制御部１９は、各第２走査領域における血管の外径の長さや内腔の面積などの評価値を図示しない記憶部から読み込んで、その評価値を表示部２１に表示させる（ステップＳ１９）。例えば、表示制御部１９は、長軸方向の位置に対する内腔の面積の変化を表すグラフや外径の長さの変化を表すグラフを作成して、それらのグラフを表示部２１に表示させる。さらに、画像生成部１８は、１次スキャンによって取得されたボリュームデータを画像記憶部５から読み込んで、そのボリュームデータに画像処理を施すことで、３次元画像データなどの超音波画像データを生成しても良い。この場合、表示制御部１９は、第１走査領域における超音波画像データに基づく超音波画像を表示部２１に表

示させる。

【０１０７】

例えば図７に示すように、表示制御部１９は、各第２走査領域における長軸像と短軸像と評価値のグラフとを表示部２１に表示させ、さらに、第１走査領域における３次元画像を表示部２１に表示させる。

【０１０８】

以上のように、この実施形態に係る超音波診断装置１によると、血管狭窄の検査に必要な複数のプロセスを一度に行うことにより、検査効率の向上を図ることが可能となる。すなわち、狭窄の疑いがある箇所を発見した場合は、操作者にその発見を報知して、超音波プローブ２の移動の停止を促す。そして、超音波プローブ２の位置を固定した状態で、狭窄候補の部位を詳細にスキャンすることで、一連の撮影内で狭窄候補の検出と狭窄候補の精査とを行うことが可能となり、検査効率の向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【０１０９】

【図１】この発明の実施形態に係る超音波診断装置を示すブロック図である。

【図２】撮影対象を示す模式図である。

【図３】１次スキャンにおける走査範囲を示す模式図である。

【図４】短軸断面における血管の形状を示す図である。

【図５】内腔の面積の変化を示すグラフである。

【図６】１次スキャンにおける走査領域と、２次スキャンにおける走査領域とを示す模式図である。

【図７】この実施形態に係る超音波診断装置によって取得された画像を示す画面の図である。

【図８】この発明の実施形態に係る超音波診断装置による一連の動作を示すフローチャートである。

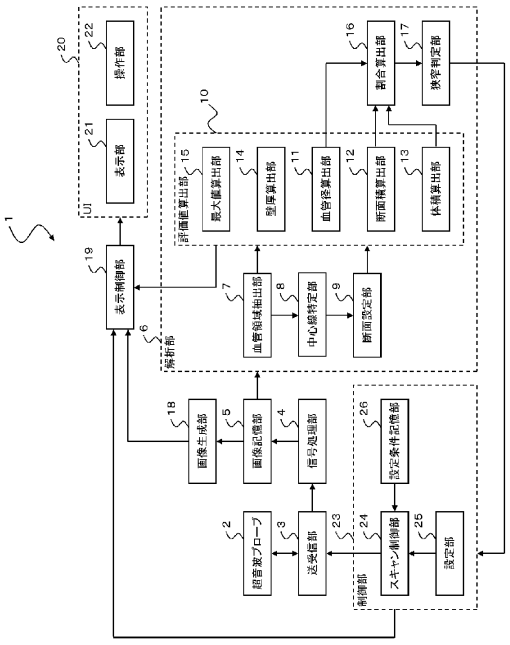
【符号の説明】

【０１１０】

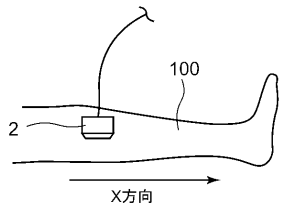
１　超音波診断装置
２　超音波プローブ
３　送受信部
４　信号処理部
５　画像記憶部
６　解析部
７　血管領域抽出部
８　中心線特定部
９　断面設定部
１０　評価値算出部
１１　血管径算出部
１２　断面積算出部
１３　体積算出部
１４　壁厚算出部
１５　最大値算出部
１６　割合算出部
１７　狭窄判定部
１８　画像生成部
１９　表示制御部
２０　ユーザインターフェース（ＵＩ）
２１　表示部
２２　操作部
２３　制御部

２４　スキャン制御部
２５　設定部
２６　設定条件記憶部

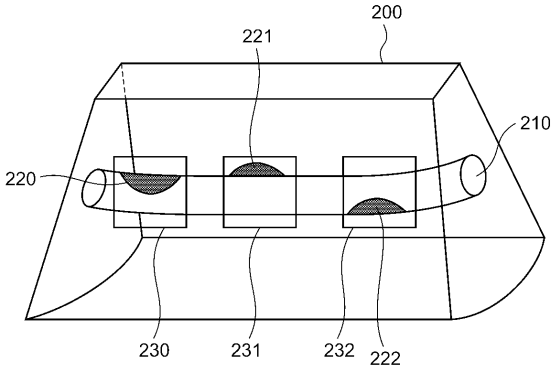
【図１】



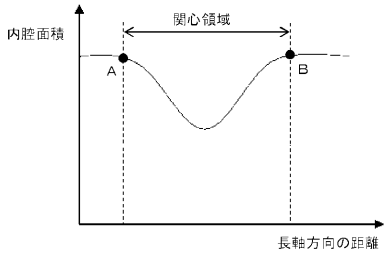
【図２】



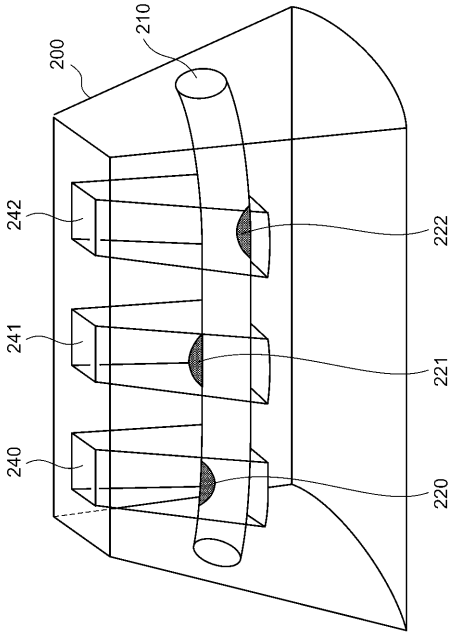
【図３】



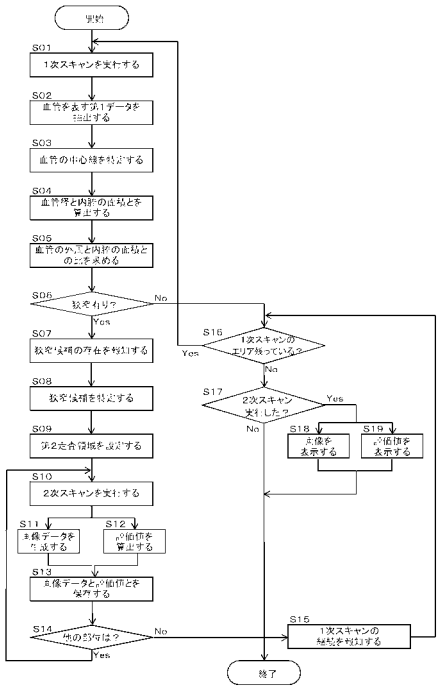
【図５】


内腔面積
関心領域
A
B
長軸方向の距離

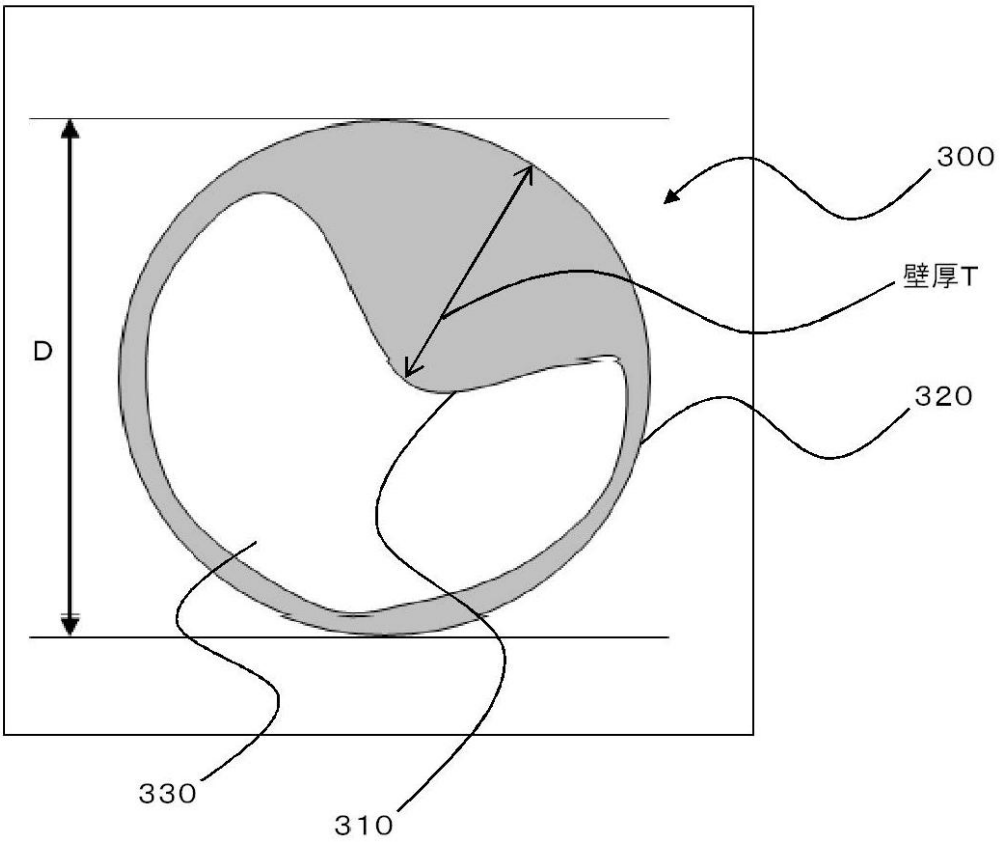
【図６】


200
210
242
241
240
222
221
220

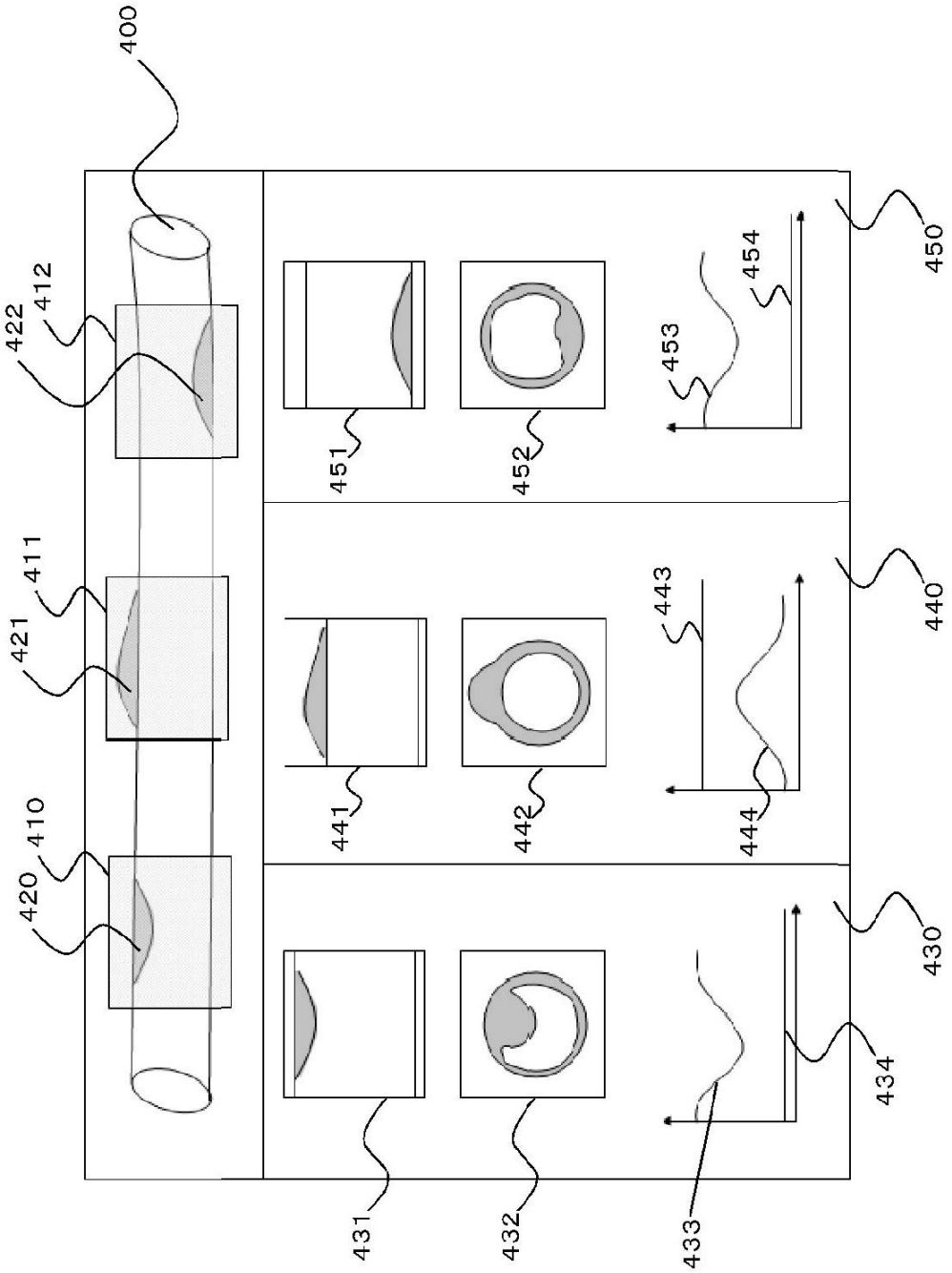
【図８】


開始
S01
1次スキャンを実行する
S02
S03
S04
S05
S06
S07
S08
S09
S10
2次スキャンを実行する
S11
S12
S13
S14
S15
S16
S17
S18
S19
終了
Yes
No

【図４】



【図７】


400
412
422
411
421
410
420
451
452
453
454
450
441
442
443
444
440
431
432
433
434
430

フロントページの続き

(72)発明者　大貫　真人
栃木県大田原市下石上１３８５番地　東芝メディカルシステムズ株式会社内
(72)発明者　後藤　英二
栃木県大田原市下石上１３８５番地　東芝メディカルシステムズ株式会社内
(72)発明者　栗田　康一郎
栃木県大田原市下石上１３８５番地　東芝メディカルシステムズ株式会社内
(72)発明者　小笠原　洋一
栃木県大田原市下石上１３８５番地　東芝メディカルシステムズ株式会社内

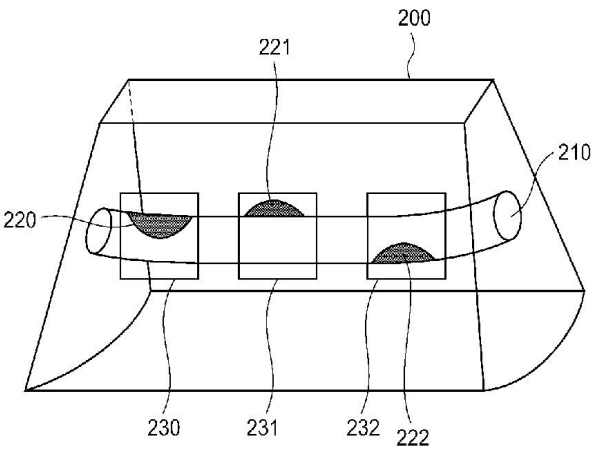
審査官　樋口　宗彦

(56)参考文献　特開２００６－１６７２８７（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－０５８５２６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００５／０１１５０１（WO，Ａ1）
特開平０７－１７８０８６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ８／００－８／１５
ＪＳＴＰｌｕｓ，ＪＳＴ７５８０，ＪＭＥＤＰｌｕｓ

专利名称(译)	用于超声诊断设备的超声诊断设备和控制程序		
公开(公告)号	JP5525693B2	公开(公告)日	2014-06-18
申请号	JP2008042455	申请日	2008-02-25
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	星野伸一 大貫真人 後藤英二 栗田康一郎 小笠原洋一		
发明人	星野 伸一 大貫 真人 後藤 英二 栗田 康一郎 小笠原 洋一		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/BB17 4C601/DD14 4C601/EE11 4C601/HH15 4C601/JC05 4C601/JC15 4C601/JC26 4C601/KK28		
审查员(译)	樋口宗彦		
其他公开文献	JP2009195585A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供能够检测作为狭窄候选者的部位并获取狭窄候选者图像的超声波诊断装置。解决方案：超声波探头2和发送/接收部分3通过扫描对象的第一扫描区域来获取第一扫描区域中的体数据。血管区域提取部分7从第一扫描区域中的体数据中提取表示血管形状的第一数据。截面设定部9每隔预定间隔求出沿第一数据表示的血管与血管正交的正交截面的位置，评价值计算部10求出血管管腔的面积。在基于第一数据的每个正交截面中。狭窄确定部分17基于每个正交截面中的管腔面积来指定狭窄候选的位置。超声波探头2和发送/接收部分3扫描包括狭窄候选并且小于第一扫描区域的第二扫描区域，以便获取第二扫描区域中的体数据。Ž

【図３】