

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5455592号  
(P5455592)

(45) 発行日 平成26年3月26日(2014.3.26)

(24) 登録日 平成26年1月17日(2014.1.17)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/08

請求項の数 13 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2009-278177 (P2009-278177)	(73) 特許権者	000153498
(22) 出願日	平成21年12月8日(2009.12.8)		株式会社日立メディコ
(65) 公開番号	特開2011-120614 (P2011-120614A)		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(43) 公開日	平成23年6月23日(2011.6.23)	(74) 代理人	100098017
審査請求日	平成24年11月8日(2012.11.8)		弁理士 吉岡 宏嗣
		(72) 発明者	山浦 健治
			東京都千代田区外神田四丁目14番1号
			株式会社日立メディコ
			コ内
		(72) 発明者	脇 康治
			東京都千代田区外神田四丁目14番1号
			株式会社日立メディコ
			コ内
		審査官	杉田 翠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、及び超音波画像表示方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織の圧迫状態を示す変位フレームデータ、弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくとも1つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部を備え、

前記弾性画像構成部は、前記被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な複数の圧迫周期のそれぞれにおいて、圧迫周期内の複数の前記弾性画像を加算又は加算平均した合成弾性画像を生成し、

前記画像表示器は、生成された複数の前記合成弾性画像を時系列順にマルチスクリーン表示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 の超音波診断装置において、

前記被検体の断層面の組織の R F 信号フレームデータを生成する受信処理部と、圧迫状態が異なる一対の R F 信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性情報を演算して弾性フレームデータを生

10

20

成する弾性情報演算部と、前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記圧迫周期検出部は、前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくともいずれか1つに基づいて、前記被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な周期を検出し、

前記表示制御部は、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも1つを前記画像表示器に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項3】

請求項2の超音波診断装置において、

前記圧迫周期検出部は、前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくともいずれか1つに基づいて、前記被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表す圧迫波形を生成する圧迫波形生成部と、前記生成された圧迫波形における各圧迫周期の波形とメモリにあらかじめ格納されている前記被検体の断層面の組織の適正な圧迫状態の経時変化を表す教師波形との相関演算を行い、求められた各圧迫周期の相関値に基づいて前記適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有してなる超音波診断装置。

【請求項4】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織のRF信号フレームデータを生成する受信処理部と、

圧迫状態が異なる一対のRF信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、

前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくとも1つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と

前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記弾性情報演算部は、前記弾性情報として前記変位フレームデータに基づいてストレインフレームデータを求め、

前記圧迫周期検出部は、前記ストレインフレームデータに基づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成する圧迫波形生成部と、生成されたストレイン波形に基づいて各圧迫周期のストレインレートの相加平均値を求め、求められた各圧迫周期のストレインレートの相加平均値に基づいて前記適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有し、

前記表示制御部は、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも1つを前記画像表示器に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項5】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織のRF信号フレームデータを生成する受信処理部と、

圧迫状態が異なる一対のRF信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、

前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくとも１つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と

、

前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記弾性情報演算部は、前記弾性情報として前記変位フレームデータに基づいてストレインフレームデータを求め、

前記圧迫周期検出部は、前記ストレインフレームデータに基づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成する圧迫波形生成部と、生成されたストレイン波形に基づいて各圧迫周期のストレインレートの絶対値の相加平均を求め、求められた各圧迫周期のストレインレートの絶対値の相加平均値に基づいて前記適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有し、

10

前記表示制御部は、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも１つを前記画像表示器に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

#### 【請求項６】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織のＲＦ信号フレームデータを生成する受信処理部と、

20

圧迫状態が異なる一対のＲＦ信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、

前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくとも１つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と

、

前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記超音波探触子の超音波送受信面で前記被検体を圧迫して前記断層面の組織に対する圧迫状態を繰り返し変化させる場合、

30

前記弾性情報演算部は、前記弾性情報として前記変位フレームデータに基づいてストレインフレームデータを求め、

前記圧迫周期検出部は、前記ストレインフレームデータに基づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成する圧迫波形生成部と、生成されたストレイン波形の各圧迫周期において、前記超音波探触子により前記被検体に初期圧迫を加えた状態の初期ストレイン値を中心としたストレイン波形の上下の対称性を求め、求められた各圧迫周期のストレイン波形の上下の対称性に基づいて前記適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有し、

前記表示制御部は、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも１つを前記画像表示器に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

40

#### 【請求項７】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織のＲＦ信号フレームデータを生成する受信処理部と、

圧迫状態が異なる一対のＲＦ信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す

50

弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、

前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくとも1つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と

、

前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記超音波探触子の超音波送受信面で前記被検体を圧迫して前記断層面の組織に対する圧迫状態を繰り返し変化させる場合、

前記弾性情報演算部は、前記弾性情報として前記変位フレームデータに基づいてストレインフレームデータを求め、

前記圧迫周期検出部は、前記ストレインフレームデータに基づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成する圧迫波形生成部と、生成されたストレイン波形の各圧迫周期において、前記超音波探触子により初期圧迫を加えた状態の初期ストレイン値を中心としたストレイン波形の点対称性を求め、求められた各圧迫周期のストレイン波形の点対称性に基づいて前記適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有し、

前記表示制御部は、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも1つを前記画像表示器に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

#### 【請求項8】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織のRF信号フレームデータを生成する受信処理部と、

圧迫状態が異なる一对のRF信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、

前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくとも1つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と

、

前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記超音波探触子の超音波送受信面で前記被検体を圧迫して前記断層面の組織に対する圧迫状態を繰り返し変化させる場合、

前記弾性情報演算部は、前記弾性情報として前記変位フレームデータに基づいてストレインフレームデータを求め、

前記圧迫周期検出部は、前記ストレインフレームデータに基づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成する圧迫波形生成部と、生成されたストレイン波形を圧迫周期ごとに積分して積分グラフを求め、該積分グラフの各圧迫周期において、積分値のピーク点を中心とした積分グラフの左右の対称性を求め、求められた各圧迫周期の積分グラフの左右の対称性に基づいて前記適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有し、

前記表示制御部は、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも1つを前記画像表示器に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

#### 【請求項9】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織のRF信号フレームデータを生成する受信処理部と、  
圧迫状態が異なる一対のRF信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を  
計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す  
弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、

前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に  
加わる圧力の少なくとも1つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と  
、

前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記弾性情報演算部は、前記弾性情報として前記変位フレームデータに基づいてストレ  
インフレームデータを求め、

前記圧迫周期検出部は、前記ストレインフレームデータに基づいて前記被検体の断層面  
の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成する圧迫波形生成部と、生成さ  
れたストレイン波形又は該ストレイン波形に基づいて生成されたストレインレート波形に  
基づいて各圧迫周期における分散又は標準偏差を求め、求められた分散又は標準偏差に基  
づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態が適切な圧迫周期を検出する適正圧迫周期検  
出部とを有し、

前記表示制御部は、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少な  
くとも1つを前記画像表示器に表示させることを特徴とする超音波診断装置。

#### 【請求項10】

被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、前記被検体の断層面の組織に対す  
る圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において前記超音波探触子で計測された反射エコー  
信号に基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、前記弾性画像を表示する画像表  
示器とを備えた超音波診断装置であって、

前記被検体の断層面の組織のRF信号フレームデータを生成する受信処理部と、

圧迫状態が異なる一対のRF信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を  
計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す  
弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、

前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記被検体の断層面の組織に  
加わる圧力の少なくとも1つに基づいて、圧迫が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と  
、

前記画像表示器を制御する表示制御部とを備え、

前記弾性画像構成部は、前記弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成し、

前記圧迫周期検出部は、前記変位フレームデータ、前記弾性フレームデータ、及び前記  
被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくともいずれか1つに基づいて、前記被検体の  
断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表す圧迫波形を生成する圧迫波形生成部と、前記生  
成された圧迫波形における各圧迫周期の波形とメモリにあらかじめ格納されている前記被  
検体の断層面の組織の適正な圧迫状態の経時変化を表す教師波形との相関演算を行い、求  
められた各圧迫周期の相関値に基づいて前記適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部  
とを有し、前記求められた各圧迫周期の相関値があらかじめ設定された相関閾値より大き  
い圧迫周期を、前記被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な圧迫周期として検出し、

前記表示制御部は、検出された適正な圧迫周期の数をカウントして前記画像表示器に表  
示する超音波診断装置。

#### 【請求項11】

請求項1乃至10のいずれか1項の超音波診断装置において、

前記弾性画像構成部は、前記被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な圧迫周期内の複  
数の前記弾性画像を加算又は加算平均した合成弾性画像を生成し、前記画像表示器は、該  
合成弾性画像を表示する超音波診断装置。

## 【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項の超音波診断装置において、

前記画像表示器は、前記被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な圧迫周期内の複数の前記弾性画像を時系列順にマルチスクリーン表示する超音波診断装置。

## 【請求項 1 3】

被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している状態において超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて弾性画像を生成して画像表示器に表示する超音波画像表示方法であって、

前記被検体の断層面の組織の R F 信号フレームデータを生成するステップと、圧迫状態が異なる一対の R F 信号フレームデータに基づいて前記断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成するステップと、

生成された変位フレームデータに基づいて前記断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成するステップと、

前記弾性情報として前記変位フレームデータに基づいてストレインフレームデータを求めるステップと、

前記ストレインフレームデータに基づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成するステップと、

生成されたストレイン波形又は該ストレイン波形に基づいて生成されたストレインレート波形に基づいて各圧迫周期における分散又は標準偏差を求め、求められた分散又は標準偏差に基づいて前記被検体の断層面の組織の圧迫状態が適切な圧迫周期を検出するステップと、

検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも 1 つを前記画像表示器に表示させるステップとを有することを特徴とする超音波画像表示方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

本発明は、超音波診断装置、及び超音波画像表示方法に係り、特に、被検体の断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性画像を生成して表示する超音波診断装置において、被検体の断層面の組織の圧迫状態を考慮して診断に適した弾性画像を検者に提供するための技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0 0 0 2】

超音波診断装置は、超音波探触子により被検体内部に超音波を送信し、被検体内部から生体組織の構造に応じた超音波の反射エコー信号を受信し、例えば超音波断層像（B モード画像）等の断層像を構成して診断用に表示するものである。

## 【0 0 0 3】

近年、特許文献 1 に記載されているように、手動又は機械的な方法により超音波探触子で被検体を圧迫しながら超音波受信信号（R F 信号）を計測し、断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性画像を生成することが行なわれている。つまり、断層面の組織の圧迫状態が異なる 1 対の R F 信号のフレームデータに基づいて圧迫により組織各部に生じた変位を求め、求めた変位のフレームデータに基づいて歪み又は弾性率などの弾性情報のフレームデータを演算し、弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成して表示することが行なわれている。

## 【0 0 0 4】

さらに、特許文献 2 や特許文献 3 に記載されているように、弾性画像を生成する過程で求められる歪みや、超音波探触子の超音波送受信面に設けた圧力センサで検出した圧力値を時系列にグラフとして表示することにより、検者に対して被検体の断層面の組織の圧迫状態を提供することが知られている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開2000-060853号公報

【特許文献2】特開2008-073417号公報

【特許文献3】特開2009-195613号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

ところで、特許文献2及び特許文献3に記載された技術は、検者に対して被検体の断層面の組織の圧迫状態そのものを提供することにとどまっており、被検体の断層面の組織の圧迫状態を考慮して診断に適した弾性画像を選別して提供することについては考慮されていない。

10

## 【0007】

すなわち、弾性画像は、超音波探触子の超音波送受信面による押圧で被検体の組織に適切な圧迫が加えられている状態、或いは拍動等により適切な圧迫が加えられている状態で生成されて初めて診断に適した画像となる。よって、超音波探触子の圧迫手技が適切に行われていない状態、或いは拍動等により組織に適切な圧迫が加わっていない状態で生成された弾性画像は診断に適さないものとなる。

## 【0008】

そこで、弾性画像を用いて診断を行う場合には、被検体の組織に圧迫を繰り返し加えながら複数の弾性画像を生成してメモリに保存し、フリーズさせた後にメモリの弾性画像の中から診断に適したものを選別することが一般的に行われている。ここで、検者は、例えばトラックボール等の入力インターフェイスを使ってメモリの複数の弾性画像を順に表示させながら診断に適した弾性画像を自ら選別することになる。この選別作業は検者にとって煩わしく、診断効率の面で好ましくはない。

20

## 【0009】

そこで本発明は、被検体の断層面の組織の圧迫状態を考慮して診断に適した弾性画像を選別して提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明の超音波診断装置は、被検体との間で超音波を送受信する超音波探触子と、被検体の断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している圧迫状態において超音波探触子で計測された反射エコー信号に基づいて被検体の断層面の組織のRF信号フレームデータを生成する受信処理部と、圧迫状態が異なる対のRF信号フレームデータに基づいて断層面の組織の変位を計測して変位フレームデータを生成する変位計測部と、生成された変位フレームデータに基づいて断層面の組織の硬さ又は軟らかさを表す弾性情報を演算して弾性フレームデータを生成する弾性情報演算部と、弾性フレームデータに基づいて弾性画像を生成する弾性画像構成部と、弾性画像を表示する画像表示器とを備えて構成される。

30

## 【0011】

上記課題を解決するため、変位フレームデータ、弾性フレームデータ、及び被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくともいずれか1つに基づいて、被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な周期を検出する圧迫周期検出部と、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも1つを画像表示器に表示する表示制御部とを備えたことを特徴としている。

40

## 【0012】

すなわち、変位フレームデータ、弾性フレームデータ、及び被検体の断層面の組織に加わる圧力は、被検体の断層面の組織の圧迫状態を示すものであるから、これらの少なくとも1つに基づけば適正な圧迫周期を検出することができる。また、適正な圧迫周期において生成された複数の弾性画像はいずれも診断に適したものであるから、これらの少なくとも1つを表示して検者に提供することにより、検者は自ら診断用の弾性画像を選別する必

50

要がない。その結果、診断効率を向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

圧迫周期検出部は、より具体的には、変位フレームデータ、弾性フレームデータ、及び被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくともいずれか1つに基づいて、被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表す圧迫波形を生成する圧迫波形生成部と、生成された圧迫波形における各圧迫周期の波形とメモリにあらかじめ格納されている被検体の断層面の組織の適正な圧迫状態の経時変化を表す教師波形との相関演算を行い、求められた各圧迫周期の相関値に基づいて適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有して構成することができる。適正圧迫周期検出部は、例えば相関値が最も高い圧迫周期を適正圧迫周期として検出することができる。また、あらかじめ相関値に対する閾値を設定しておき、相関値が閾値より高い1又は複数の圧迫周期を適正圧迫周期として検出することもできる。

10

【 0 0 1 4 】

ところで、弾性情報演算部は、弾性情報として変位フレームデータに基づいてストレインフレームデータを求めることができる。この場合、圧迫周期検出部は、ストレインフレームデータに基づいて被検体の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表すストレイン波形を生成する圧迫波形生成部と、生成されたストレイン波形に基づいて各圧迫周期のストレインレートの相加平均値を求め、求められた各圧迫周期のストレインレートの相加平均値に基づいて適正圧迫周期を検出する適正圧迫周期検出部とを有して構成することができる。適正圧迫周期検出部は、例えば圧迫周期のストレインレートの相加平均値が最も0に近い圧迫周期を適正圧迫周期として検出することができる。また、あらかじめ圧迫周期のストレインレートの相加平均値に対する閾値範囲を設定しておき、相加平均値が閾値範囲に含まれる1又は複数の圧迫周期を適正圧迫周期として検出することもできる。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、被検体の断層面の組織の圧迫状態を考慮して診断に適した弾性画像を選別して提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図1】本実施形態の超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

30

【図2】適正圧迫区間検出の第1実施例の処理概念を説明するための図である。

【図3】適正圧迫区間検出の第2実施例の処理概念を説明するための図である。

【図4】適正圧迫区間検出の第3実施例の処理概念を説明するための図である。

【図5】適正圧迫区間検出の第4実施例の処理概念を説明するための図である。

【図6】適正圧迫区間検出の第5実施例の処理概念を説明するための図である。

【図7】適正圧迫区間検出の第6実施例の処理概念を説明するための図である。

【図8】適正圧迫区間検出の第7実施例の処理概念を説明するための図である。

【図9】適正圧迫区間検出の第8実施例の処理概念を説明するための図である。

【図10】弾性画像表示の処理概念を説明するための図である。

【図11】弾性画像表示の実施例を説明するための図である。

40

【図12】弾性画像表示の実施例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

以下、本発明を適用してなる超音波診断装置、及び超音波画像表示方法の実施形態を説明する。なお、以下の説明では、同一機能部品については同一符号を付して重複説明を省略する。

【 0 0 1 8 】

図1は本発明を適用した超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。図1に示すように、超音波診断装置100には、被検体10に当接させて用いる超音波探触子12と、超音波探触子12を介して被検体10に時間間隔をおいて超音波を繰り返し送信する

50



送信部 14 と、被検体 10 から発生する時系列の反射エコー信号を受信する受信部 16 と、送信部 14 と受信部 16 を制御する送受信制御部 17 と、受信部 16 で受信された反射エコーを整相加算する整相加算部 18 とが備えられている。

【0019】

また、整相加算部 18 からの RF 信号フレームデータに基づいて被検体の濃淡断層画像例えば白黒断層画像を構成する断層画像構成部 20 と、断層画像構成部 20 の出力信号を画像表示器 26 の表示に合うように変換する白黒スキャンコンバータ 22 とが備えられている。

【0020】

整相加算部 18 から出力される RF 信号フレームデータを記憶し、少なくとも 2 枚のフレームデータを選択する RF 信号フレームデータ選択部 28 と、被検体 10 の生体組織の変位を計測する変位計測部 30 と、変位計測部 30 で計測された変位情報からストレイン又はストレインレートを求める弾性情報演算部 32 と、弾性情報演算部 32 で演算したストレイン又はストレインレートからカラー弾性画像を構成する弾性画像構成部 34 と、弾性画像構成部 34 の出力信号を画像表示器 26 の表示に合うように変換するカラースキャンコンバータ 36 とが備えられている。そして、白黒断層画像とカラー弾性画像を重ね合わせたり、並列に表示させたり、切替を行う切替加算部 24 と、合成された合成画像を表示する画像表示器 26 とが備えられている。

10

【0021】

また、超音波診断装置を構成する各部に対して各種の制御信号を出力する画像系制御部 44 と、検査者からの指示を入力して画像系制御部 44 に出力するインターフェイス部 42 とが備えられている。

20

【0022】

超音波探触子 12 は、複数の振動子を配設して形成されており、被検体 10 に振動子を介して超音波を送受信する機能を有している。送信部 14 は、超音波探触子 12 を駆動して超音波を発生させるための送波パルスを生成するとともに、送信される超音波の収束点のある深さに設定する機能を有している。また、受信部 16 は、超音波探触子 12 で受信した反射エコー信号について所定のゲインで増幅して RF 信号すなわち受波信号を生成するものである。整相加算部 18 は、受信部 16 で増幅された RF 信号を入力して位相制御し、一点又は複数の収束点に対し超音波ビームを形成して RF 信号フレームデータを生成するものである。

30

【0023】

なお、受信部 16、整相加算部 18 は、超音波送受信が行われている間は RF 信号及び RF 信号フレームデータを生成するものであるが、特に、超音波探触子 12 の超音波送受信面で被検体を圧迫して断層面の組織に対する圧迫を繰り返し変化させている状態、或いは被検体の拍動等により断層面の組織に対する圧迫が繰り返し変化している状態において、RF 信号及び RF 信号フレームデータを生成するものである。

【0024】

断層画像構成部 20 は、整相加算部 18 からの RF 信号フレームデータを入力してゲイン補正、ログ圧縮、検波、輪郭強調、フィルタ処理等の信号処理を行い、断層画像データを得るものである。また、白黒スキャンコンバータ 22 は、断層画像構成部 20 からの断層画像データをデジタル信号に変換する A/D 変換器と、変換された複数の断層画像データを時系列に記憶するフレームメモリと、制御コントローラを含んで構成されている。この白黒スキャンコンバータ 22 は、フレームメモリに格納された被検体内の断層フレームデータを 1 画像として取得し、取得された断像フレームデータをテレビ同期で読み出すものである。

40

【0025】

RF 信号フレームデータ選択部 28 は、整相加算部 18 からの複数の RF 信号フレームデータを格納し、格納された RF 信号フレームデータ群から 1 組すなわち 2 つの RF 信号フレームデータを選択する。例えば整相加算部 18 から時系列すなわち画像のフレームレ

50

ートに基づいて生成されるRF信号フレームデータをRF信号フレームデータ選択部28に順次記憶し、記憶されたRF信号フレームデータ(N)を第1のデータとして選択すると同時に、時間的に過去に記憶されたRF信号フレームデータ群(N-1、N-2、N-3...N-M)の中から1つのRF信号フレームデータ(X)を選択する。なお、ここでN、M、XはRF信号フレームデータに付されたインデックス番号であり、自然数とする。

【0026】

そして、変位計測部30は、選択された1組のデータすなわちRF信号フレームデータ(N)及びRF信号フレームデータ(X)から1次元或いは2次元相関処理を行って、断層画像の各点に対応する生体組織における変位や移動ベクトルすなわち変位の方

10

【0027】

向きと大きさに関する1次元又は2次元変位分布を求める。ここで、移動ベクトルの検出にはブロックマッチング法を用いる。ブロックマッチング法とは、画像を例えばN×N画素からなるブロックに分け、関心領域内のブロックに着目し、着目しているブロックに最も近似しているブロックを前のフレームから探し、これを参照して予測符号化する

【0028】

すなわち差分により標本値を決定する処理を行うものである。

弾性情報演算部32は、変位計測部30から出力される計測値、例えば移動ベクトルと、圧力計測部46から出力される圧力値とから断層画像上の各点に対応する生体組織のストレイン(歪み)や弾性率を演算し、そのストレインや弾性率に基づいて弾性画像信号すなわち弾性フレームデータ(ストレインフレームデータ)を生成するものである。

このとき、ストレインのデータは、生体組織の移動量例えば変位を空間微分することによって算出される。また、弾性率のデータは、圧力の変化をストレインの変化で除することによって計算される。例えば変位計測部30により計測された変位をL(X)、圧力計測部46により計測された圧力をP(X)とすると、ストレインS(X)は、L(X)を空間微分することによって算出することができるから、 $S(X) = L(X) / X$ という式を用いて求められる。また、弾性率データのヤング率Ym(X)は、 $Ym = (P(X)) / S(X)$ という式によって算出される。このヤング率Ymから断層画像の各点に相当する生体組織の弾性率が求められるので、2次元の弾性画像データを連続的に得ることができる。なお、ヤング率とは、物体に加えられた単純引張り応力と、引張りに平行に生じるひずみに対する比である。

20

【0029】

弾性画像構成部34は、フレームメモリと画像処理部とを含んで構成されており、弾性情報演算部32から時系列に出力される弾性フレームデータをフレームメモリに確保し、確保されたフレームデータに対し画像処理を行うものである。

【0030】

カラーキャンコンバータ36は、弾性画像構成部34からの弾性フレームデータに色相情報を付与する機能を有したものである。つまり、弾性フレームデータに基づいて光の3原色すなわち赤(R)、緑(G)、青(B)に変換するものである。例えばストレインが大きい弾性データを赤色コードに変換すると同時に、ストレインが小さい弾性データを青色コードに変換する。

30

【0031】

切替加算部24は、フレームメモリと、画像処理部と、画像選択部とを備えて構成されている。ここで、フレームメモリは、白黒キャンコンバータ22からの断層画像データと、カラーキャンコンバータ36からの弾性画像データと、後述する圧迫波形生成部52から出力される圧迫波形データと、後述する適正圧迫周期検出部54から出力される圧迫情報の相関値データを格納するものである。また、画像処理部は、フレームメモリに確保された断層画像データと弾性画像データを画像系制御部44の指令に応じて合成割合を変更して合成するものである。合成画像の各画素の輝度情報及び色相情報は、白黒断層画像とカラー弾性画像の各情報を合成割合で加算したものとなる。さらに、画像選択部は、表示制御部の機能を有する画像系制御部44の指令に応じて、フレームメモリ内の断層画

40

50

像データと弾性画像データ、画像処理部の合成画像データ及び圧迫情報の波形データその他各種画像のうちから画像表示器 26 に表示する画像を選択するものである。

【0032】

このような超音波診断装置においては、被検体 10 の断層面の組織の圧迫状態を考慮して診断に適した弾性画像を選別して提供することが望ましい。すなわち、弾性画像は、例えば超音波探触子 12 の超音波送受信面で被検体 10 の組織に圧迫を加えたり、又は拍動等を利用して被検体 10 の組織に圧迫を加えたりしながら生成されるものである。したがって、超音波探触子の圧迫手技が適切に行われていない状態、或いは拍動等により組織に適切に圧迫が加わっていない状態で生成された弾性画像は診断に適さないものとなる。

【0033】

この点、弾性画像を用いて診断を行う場合には、被検体の組織に圧迫を繰り返し加えながら複数の弾性画像を生成してメモリに保存し、フリーズさせた後にメモリの弾性画像の中から診断に適したものを選別することが知られているが、検者が例えばトラックボール等の入力インターフェイス（インターフェイス部 42）を使ってメモリの複数の弾性画像を順に表示させながら診断に適した弾性画像を自ら選別するのは、検者にとって煩わしく、診断効率の面で好ましくはない。

【0034】

この点に鑑みてなされた本実施形態の超音波診断装置は、変位フレームデータ、弾性フレームデータ、及び被検体の断層面の組織に加わる圧力の少なくともいずれか 1 つに基づいて、被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な周期を検出する圧迫周期検出部 50 を特徴構成として有しており、検出された適正圧迫周期において生成された複数の弾性画像の少なくとも 1 つを画像表示器 26 に表示するものである。

【0035】

図 1 に示すように、圧迫周期検出部 50 は、圧迫波形生成部 52 と、適正圧迫周期検出部 54 とを有している。圧迫波形生成部 52 は、変位計測部 30 から出力される変位フレームデータ、弾性情報演算部 32 から出力される弾性フレームデータ、及び圧力計測部 46 から出力される圧力データが入力され、これら入力データの少なくとも 1 つに基づいて、被検体 10 の断層面の組織の圧迫状態の経時変化を表す圧迫波形を生成するものである。生成された圧迫波形は切替加算部 24 に送られて画像表示器 26 に表示されるとともに、適正圧迫周期検出部 54 に送られる。

【0036】

適正圧迫周期検出部 54 は、圧迫波形生成部 52 から出力される圧迫波形に基づいて、或いは圧迫波形とメモリ 72 に格納されている教師波形とに基づいて、被検体 10 の断層面の組織の圧迫状態が適正な圧迫周期を検出して、切替加算部 24 へ送るものである。以下、圧迫波形生成部 52 及び圧迫周期検出部 50 の詳細について、実施例ごとに説明する。

【0037】

（第 1 実施例）

図 2 は、圧迫周期検出部 50 の第 1 実施例の処理概念を示す図である。本実施例では、圧迫波形生成部 52 は、変位計測部 30 から出力される変位フレームデータ、弾性情報演算部 32 から出力される弾性フレームデータ、及び圧力計測部 46 から出力される圧力データの少なくとも 1 つに基づいて、図 2 の下段に示すような圧迫波形 56（圧迫波形  $P(t)$ ）を生成する。すなわち、圧迫波形生成部 52 は、入力された変位フレームデータ、弾性フレームデータ、及び圧力データの少なくとも 1 つのフレーム毎の平均を時系列にプロットすることで、圧迫波形  $P(t)$  を生成する。

【0038】

続いて、適正圧迫周期検出部 54 は、図 2 の上段に示すような教師波形 58（教師波形  $T(t)$ ）をメモリ 72 から読み出し、教師波形  $T(t)$  と圧迫波形  $P(t)$  との間での相関演算を行い、相関値を求める。或いは、圧迫波形  $P(t)$  の経時的相関演算、メモリ 72 に保存されている過去の圧迫波形  $P(t)$  間での相関演算を行い、相関値を求める。

10

20

30

40

50

また、適正圧迫周期検出部 54 は、求められた相関値を用いて、適正な圧迫区間（圧迫周期）を検出する。

【0039】

すなわち、一般に診断に有効な弾性画像を得るためには、生体組織に対して適正な圧迫操作を行う必要があり、さらには検者が行った圧迫操作が適正であったかという判断は、弾性画像や圧迫情報を見て検者自身が判断しなければならない。そこで、本実施例は被検体 10 の組織を超音波探触子 12 で加圧することにより得られる組織の経時的な圧迫情報のデータと教師データとの相関を行い、得られる相関値が例えば最大となるような区間を適正圧迫区間として検出、表示するものである。例えば変位計測部 30 で得られた変位を用いて圧迫波形生成部 52 からフレーム毎の変位の平均である圧迫量を経時的にプロットした圧迫波形  $P(t)$  を得るとする。この時、図 2 のように、圧迫波形  $P(t)$  に対して、任意の正弦波  $A \sin t$  を教師波形  $T(t)$  として圧迫量が 0 となる時間から教師波形  $T(t)$  一周期分の区間  $N$  で相関をとると、得られる相関値  $C$  は、下記数式で求められる。

10

【数 1】

$$C = \frac{\sum_{t=0}^N (P(t) - P_{avg})(T(t) - T_{avg})}{\sqrt{\frac{\sum_{t=0}^N (P(t) - P_{avg})^2}{N}} \sqrt{\frac{\sum_{t=0}^N (T(t) - T_{avg})^2}{N}}}$$

20

【0040】

$P_{avg}$ ,  $T_{avg}$  はそれぞれ  $P(t)$ ,  $T(t)$  の相加平均である。適正圧迫周期検出部 54 は、得られた相関値  $C(t)$  が例えば最大となる区間を適正圧迫区間として検出する。例えば図 2 の例では、区間  $N_0$  の相関値  $C_0$  が 0.70、区間  $N_1$  の相関値  $C_1$  が 0.80、区間  $N_2$  の相関値  $C_2$  が 0.95 であるので、区間  $N_2$  が適正圧迫区間 60 として検出される。

30

【0041】

適正圧迫周期検出部 54 は、得られた相関値  $C(t)$  があらかじめ設定されている閾値より大きい 1 又は複数の区間を適正圧迫区間として検出することもできる。適正圧迫周期検出部 54 は、適正圧迫区間の情報を切替加算部 24 に送り、切替加算部 24 において圧迫波形 56 上に適正な圧迫区間として表示する。また、生成される弾性画像を順次メモリ 72 等の記録媒体に格納しておき、例えば検者が弾性画像の撮像を終えてフリーズさせたら、適正圧迫区間において生成された弾性画像の少なくとも 1 つを記録媒体から読みだして画像表示器 26 に表示する。

【0042】

また、図 2 では変位計測部 30 から得られる組織の変位フレームデータを用いた圧迫波形 56 と教師波形 58 の相関から適正な圧迫区間を検出することを想定しているが、圧迫の際に経時的に変化する要素であれば、組織の変位以外の要素を用いてもよい。例えば圧力計測部 46 から得られる圧力や弾性情報演算部 32 から得られる組織のストレイン、ストレインレートをを用いた圧迫波形と教師波形の相関から適正な圧迫区間を検出してもよい。

40

【0043】

すなわち、変位フレームデータ、ストレインフレームデータ、及び被検体の断層面の組織に加わる圧力は、被検体の断層面の組織の圧迫状態を示すものであるから、これらの少なくとも 1 つに基づく圧迫波形と教師波形との相関により適正な圧迫区間を検出することができる。また、適正な圧迫周期において生成された複数の弾性画像はいずれも診断に適

50

したものであるから、これらの少なくとも1つを表示して検者に提供することにより、検者は自ら診断用の弾性画像を選別する必要がない。その結果、診断効率を向上させることができる。

【0044】

なお、上記では圧迫波形との相関に用いる教師波形を任意の正弦波としているが、圧迫操作の適正さが示せる要素であれば、教師波形には任意の正弦波以外を用いても良い。例えばメモリ72に格納されている診断領域別（乳腺、前立腺等）で経験的に算出された適正な圧迫波形や、メモリ72に格納されている過去の検査時に算出された圧迫波形を教師波形として用いてもよい。

【0045】

10

（第2実施例）

本実施形態の超音波診断装置100の圧迫周期検出部50の第2実施例について説明する。本実施例は、圧迫波形生成部52が圧迫波形としてストレイン波形を生成する点、及び適正圧迫周期検出部54が相関演算とは異なる演算を用いて適正圧迫区間を検出する点が第1実施例と異なる。したがって、第1実施例と同様の部分については説明を省略する。

【0046】

図3は、圧迫周期検出部50の第2実施例の処理概念を示す図である。第1実施例を用いて適正な圧迫区間を求める場合、診断領域毎に適正な教師波形を用意しなければならないという制約がでてくる。そこで本実施例は、図3のように、組織の圧迫によって得られるストレインレートのある区間（圧迫周期）における相加平均を求めて、求められた各圧迫周期のストレインレートの相加平均値に基づいて適正な圧迫区間を検出、表示するものである。

20

【0047】

すなわち、例えば検者の超音波探触子による圧迫手技により圧迫操作を行う場合、圧迫操作にムラがあると、ストレインの変化にムラが生じ、その結果ストレインレートの相加平均は高くなる。これに対して、圧迫操作が安定してなされている場合は、ストレインの変化が安定しているので、その結果ストレインレートの相加平均は低くなる。

【0048】

そこで、図3に示すように、圧迫波形生成部52から、圧迫波形としてフレームデータ毎の平均ストレイン値を時系列にプロットしたストレイン波形59（ストレイン波形 $S(t)$ ）が得られたら、このストレイン波形 $S(t)$ の時系列上で隣り合った1組のストレイン値間のストレインレート $SR(t)$ は、下記数式で求められる。

30

【数2】

$$SR(t) = \frac{S(t + \Delta t) - S(t)}{\Delta t}$$

【0049】

ここで、ストレイン値を用いたストレイン波形 $S(t)$ の圧迫量が0となる時間からストレイン波形 $S(t)$ 一周分（区間 $N$ ）における、ストレインレートの相加平均 $SR_{avg}$ は、適正圧迫周期検出部54において下記数式で求められる。

40

【数3】

$$SR_{avg} = \frac{\sum_{t=0}^{N-\Delta t} SR(t)}{N - \Delta t}$$

【0050】

適正圧迫周期検出部54は、得られたストレインレートの相加平均 $SR_{avg}$ が、例え

50

ば 0 に最も近い区間を適正圧迫区間として検出する。例えば図 3 の例では、区間 N 0 , N 1 においては、ストレインの変化にムラがありストレインレートの相加平均は高くなる一方、区間 N 2 ではストレインの変化が安定しておりストレインレートの相加平均は低くなるので、区間 N 2 を適正圧迫区間 6 0 として検出する。

#### 【 0 0 5 1 】

適正圧迫周期検出部 5 4 は、得られたストレインレートの相加平均  $SR_{avg}$  が、あらかじめ設定されている閾値範囲（0 を挟んで上下に設定された閾値内の範囲）に含まれる区間を適正圧迫区間として検出することもできる。適正圧迫周期検出部 5 4 は、適正圧迫区間の情報を切替加算部 2 4 に送り、切替加算部 2 4 において圧迫波形上に適正な圧迫区間として表示する。また、生成される弾性画像を順次メモリ 7 2 等の記録媒体に格納しておき、例えば検者が弾性画像の撮像を終えてフリーズさせたら、適正圧迫区間において生成された弾性画像の少なくとも 1 つを記録媒体から読みだして画像表示器 2 6 に表示する。

#### 【 0 0 5 2 】

##### （第 3 実施例）

本実施形態の超音波診断装置 1 0 0 の圧迫周期検出部 5 0 の第 3 実施例について説明する。本実施例は、圧迫波形生成部 5 2 が圧迫波形としてストレイン波形 5 9 を生成する点は第 2 実施例と共通するが、適正圧迫周期検出部 5 4 の適正圧迫区間を検出するための演算処理内容が第 2 実施例と異なる。したがって、第 2 実施例と同様の部分については説明を省略する。

#### 【 0 0 5 3 】

図 4 は、圧迫周期検出部 5 0 の第 3 実施例の処理概念を示す図である。適正圧迫周期検出部 5 4 の実施例 2 のような適正圧迫区間の検出は、例えば乳腺の硬さを検出する際などの組織への均一な圧迫操作が有益な場合は有効であるが、例えば拍動による肝臓の変位を検出する際などの急峻な動きの検出が必要な場合には向いていない。そこで本実施例の適正圧迫周期検出部 5 4 は、図 4 に示すように、圧迫波形生成部 5 2 で生成されたストレイン波形 5 9 に基づいて各圧迫周期のストレインレートの絶対値の相加平均を求め、求められた各圧迫周期のストレインレートの絶対値の相加平均値に基づいて適正圧迫周期を検出する。

#### 【 0 0 5 4 】

すなわち、例えば拍動を利用して組織を圧迫する場合においては、拍動と拍動の間の組織が圧迫されていない区間は変位が生じ難いので、拍動が発生して組織が圧迫されて変位している区間を適正圧迫区間として検出する必要がある。拍動と拍動の間はストレインの変化が安定しているのでストレインレートの絶対値相加平均は低くなる。これに対して、拍動により組織が圧迫されて変位しているときには、ストレインの変化が急峻になるので、ストレインレートの絶対値相加平均は高くなる。そこで、ストレイン波形  $S(t)$  の圧迫量が 0 となる時間からストレイン波形  $S(t)$  一周期分の区間 N における、ストレインレートの絶対値の相加平均  $SR_{abs}$  は、適正圧迫周期検出部 5 4 において下記数式で求められる。

#### 【 数 4 】

$$SR_{abs} = \frac{\sum_{t=0}^{N-\Delta t} |SR(t)|}{N - \Delta t}$$

#### 【 0 0 5 5 】

適正圧迫周期検出部 5 4 は、得られたストレインレートの絶対値の相加平均  $SR_{abs}$  が、例えば最大になる区間を適正圧迫区間として検出する。例えば図 4 の例では、区間 N 0 , N 1 においてはストレインの変化が安定しておりストレインレートの絶対値平均は小さくなる一方、区間 N 2 においてはストレインの変化が急峻なのでストレインレートの絶

10

20

30

40

50

対値相加平均は大きくなるので、区間 N 2 を適正圧迫区間 6 0 として検出する。

【 0 0 5 6 】

適正圧迫周期検出部 5 4 は、得られたストレインレートの絶対値の相加平均  $S R a b s$  が、あらかじめ設定されている閾値より大きな区間を適正圧迫区間として検出することもできる。適正圧迫周期検出部 5 4 は、適正圧迫区間の情報を切替加算部 2 4 に送り、切替加算部 2 4 において圧迫波形上に適正な圧迫区間として表示する。また、生成される弾性画像を順次メモリ 7 2 等の記録媒体に格納しておき、例えば検者が弾性画像の撮像を終えてフリーズさせたら、適正圧迫区間において生成された弾性画像の少なくとも 1 つを記録媒体から読みだして画像表示器 2 6 に表示する。

【 0 0 5 7 】

( 第 4 実施例 )

本実施形態の超音波診断装置 1 0 0 の圧迫周期検出部 5 0 の第 4 実施例について説明する。本実施例は、圧迫波形生成部 5 2 が圧迫波形としてストレイン波形 5 9 を生成する点は第 2 実施例と共通するが、適正圧迫周期検出部 5 4 の適正圧迫区間を検出するための演算処理内容が第 2 実施例と異なる。したがって、第 2 実施例と同様の部分については説明を省略する。

【 0 0 5 8 】

図 5 は、圧迫周期検出部 5 0 の第 4 実施例の処理概念を示す図である。診断に有益な弾性画像を得るのに組織への均一な圧迫が必要な場合において、検者の圧迫操作が適正であるかを判断するには、ストレイン波形 5 9 の一周期が圧迫量 0 となる線 6 2 ( 超音波探触子 1 2 による初期圧迫を加えた状態におけるストレイン値の線 ) を中心に線対称になっているかを見ればよい。そこで本実施例の適正圧迫周期検出部 5 4 は、生成されたストレイン波形 5 9 の各圧迫周期において、超音波探触子 1 2 により被検体に初期圧迫を加えた状態の初期ストレイン値を中心としたストレイン波形 5 9 の上下の対称性を求め、求められた各圧迫周期のストレイン波形の上下の対称性に基づいて適正圧迫周期を検出する。

【 0 0 5 9 】

すなわち、図 5 のように、ストレイン波形の一周期を圧迫量が 0 となる線 6 2 を中心にして 2 小区間に分けた時、2 小区間対のストレインの線対称性を指示値として適正な圧迫区間を検出、表示するものである。

【 0 0 6 0 】

ストレイン波形  $S(t)$  の圧迫量が 0 となるある時間を 1 とし、1 の次に圧迫量が 0 となる時間を  $m$ 、 $m$  の次に圧迫量が 0 となる時間を  $n$  とする。このとき、1 -  $n$  間が圧迫波形  $S(t)$  の一周期であり、1 -  $m$  間を小区間 M、 $m$  -  $n$  間を小区間 N とする。ここで、小区間 M と小区間 N でのストレインの対称性を見るためには、例えばそれぞれの小区間におけるストレイン値の合計  $S l s$  を見ればよい。また、小区間 M と小区間 N それぞれのストレインの加算値合計は、適正圧迫周期検出部 5 4 において下記数式で求められる。

【 数 5 】

$$S l s = \sum_{t=1}^m S(t) + \sum_{t=m}^n S(t)$$

【 0 0 6 1 】

適正圧迫周期検出部 5 4 は、得られたストレイン値の合計  $S l s$  が、例えば 0 に最も近い区間を適正圧迫区間として検出する。例えば図 5 においては、区間 N 0、N 1 においてはストレイン波形 5 9 の上下対称性は低い一方、区間 N 2 においてはストレイン波形 5 9 の上下対称性は高いので、区間 N 2 が適正圧迫区間 6 0 として検出される。

【 0 0 6 2 】

適正圧迫周期検出部 5 4 は、得られたストレイン値の合計  $S l s$  が、あらかじめ設定されている閾値範囲 ( 0 を挟んで上下に設定された閾値内の範囲 ) に含まれる区間を適正圧迫区間として検出することもできる。適正圧迫周期検出部 5 4 は、適正圧迫区間の情報を切替加算部 2 4 に送り、切替加算部 2 4 において圧迫波形上に適正な圧迫区間として表示

10

20

30

40

50

する。また、生成される弾性画像を順次メモリ 7 2 等の記録媒体に格納しておき、例えば検者が弾性画像の撮像を終えてフリーズさせたら、適正圧迫区間において生成された弾性画像の少なくとも 1 つを記録媒体から読みだして画像表示器 2 6 に表示する。

#### 【 0 0 6 3 】

##### ( 第 5 実施例 )

本実施形態の超音波診断装置 1 0 0 の圧迫周期検出部 5 0 の第 5 実施例について説明する。本実施例は、圧迫波形生成部 5 2 が圧迫波形としてストレイン波形 5 9 を生成する点は第 2 実施例と共通するが、適正圧迫周期検出部 5 4 の適正圧迫区間を検出するための演算処理内容が第 2 実施例と異なる。したがって、第 2 実施例と同様の部分については説明を省略する。

10

#### 【 0 0 6 4 】

図 6 は、圧迫周期検出部 5 0 の第 5 実施例の処理概念を示す図である。上記の適正圧迫区間検出の実施例 4 では、圧迫波形一周期における、圧迫量が 0 となる線 6 2 を中心にしたストレインの上下対称性を指示値として適正な圧迫区間の検出、表示を行った。本実施例の適正圧迫周期検出部 5 4 は、生成されたストレイン波形の各圧迫周期において、超音波探触子により初期圧迫を加えた状態の初期ストレイン値を中心としたストレイン波形の点対称性を求め、求められた各圧迫周期のストレイン波形の点対称性に基づいて適正圧迫周期を検出する。

#### 【 0 0 6 5 】

すなわち、ストレイン波形  $S(t)$  の圧迫量が 0 となるある時間を  $l$  とし、 $l$  の次に圧迫量が 0 となる時間を  $m$ 、 $m$  の次に圧迫量が 0 となる時間を  $n$  とする。このとき、 $l - n$  間がストレイン波形  $S(t)$  の一周期であり、 $m$  は周期  $l - n$  の中点である。ここで、 $m$  を中心とした周期  $l - n$  間でのストレイン波形 5 9 の点対称性を見るためには、例えばそれぞれの  $m$  から正負方向に同じ時間分移動した位置にあるストレイン  $S(m - t)$  と  $S(m + t)$  の加算後の絶対値を見ればよい。また、ある区間におけるストレイン  $S(m - t)$  と  $S(m + t)$  の点対称位置からの差分の絶対値  $Sps(t)$  は、適正圧迫周期検出部 5 4 において下記数式で求められる。

20

#### 【 数 6 】

$$Sps(\Delta t) = |S(m - \Delta t) + S(m + \Delta t)| \quad \left( 0 \leq \Delta t \leq \frac{n-l}{2} \right)$$

30

#### 【 0 0 6 6 】

適正圧迫周期検出部 5 4 は、 $t$  の値を 0 から  $(n - l) / 2$  の間まで変化させながら複数の  $Sps(t)$  を求め、複数の  $Sps(t)$  の総加算値、最大値、又は平均値が 0 に最も近い区間を適正圧迫区間として検出する。図 6 の例では、区間  $N 0$ 、 $N 1$  においてはストレイン波形 5 9 の点対称性が低く  $Sps(t)$  の値が大きくなる一方、区間  $N 2$  においてはストレイン波形 5 9 の点対称性が高く  $Sps(t)$  の値が小さくなるので、区間  $N 2$  が適正圧迫区間 6 0 として検出される。

#### 【 0 0 6 7 】

適正圧迫周期検出部 5 4 は、複数の絶対値  $Sps(t)$  の総加算値、最大値、又は平均値があらかじめ設定されている閾値より小さい区間を適正圧迫区間として検出することもできる。適正圧迫周期検出部 5 4 は、適正圧迫区間の情報を切替加算部 2 4 に送り、切替加算部 2 4 において圧迫波形上に適正な圧迫区間として表示する。また、生成される弾性画像を順次メモリ 7 2 等の記録媒体に格納しておき、例えば検者が弾性画像の撮像を終えてフリーズさせたら、適正圧迫区間において生成された弾性画像の少なくとも 1 つを記録媒体から読みだして画像表示器 2 6 に表示する。

40

#### 【 0 0 6 8 】

##### ( 第 6 実施例 )

本実施形態の超音波診断装置 1 0 0 の圧迫周期検出部 5 0 の第 6 実施例について説明する。本実施例は、圧迫波形生成部 5 2 が圧迫波形としてストレイン波形 5 9 を生成する点

50



は第2実施例と共通するが、適正圧迫周期検出部54の適正圧迫区間を検出するための演算処理内容が第2実施例と異なる。したがって、第2実施例と同様の部分については説明を省略する。

【0069】

図7は、圧迫周期検出部50の第6実施例の処理概念を示す図である。上記のような検者の均一な圧迫操作について判断する場合、実施例4や実施例5ではストレイン波形の対称性に注目していたが、圧迫による組織の動きの均一性の指標として、ストレイン波形59の積分から得られる積分グラフの対称性に注目してもよい。そこで本実施例の適正圧迫周期検出部54は、生成されたストレイン波形59を圧迫周期ごとに積分して積分グラフ64を求め、この積分グラフ64の各圧迫周期において、積分値のピーク点66を中心とした積分グラフの左右の対称性を求め、求められた各圧迫周期の積分グラフの左右の対称性に基づいて適正圧迫周期を検出する。

10

【0070】

すなわち、圧迫波形生成部52からフレームデータ毎の平均ストレイン値を用いたストレイン波形 $S(t)$ が得られるとする。このストレイン波形 $S(t)$ に対してある区間で積分を行った時の積分歪 $Sint(t)$ は、下記数式で求められる。

【数7】

$$Sint(t) = \int S(t) dt$$

20

得られた積分歪を時系列にプロットしたものが、例えば図7下部のような積分グラフ64となる。適正圧迫周期検出部54は、この積分グラフ64の各区間において、実施例4と同様の手法を用いて、積分値がピークとなるピーク点66を中心とした左右の対称性を求める。そして、例えば対称性が一番高い区間を適正圧迫区間として検出する。図7の例では、区間N0、N1における積分グラフ64の左右対称性は低い一方、区間N2における積分グラフ64の左右対称性は高いので、区間N2が適正圧迫区間60として検出される。

【0071】

適正圧迫周期検出部54は、適正圧迫区間の情報を切替加算部24に送り、切替加算部24において圧迫波形上に適正な圧迫区間として表示する。また、生成される弾性画像を順次メモリ72等の記録媒体に格納しておき、例えば検者が弾性画像の撮像を終えてフリーズさせたら、適正圧迫区間において生成された弾性画像の少なくとも1つを記録媒体から読みだして画像表示器26に表示する。

30

【0072】

(第7実施例)

本実施形態の超音波診断装置100の圧迫周期検出部50の第7実施例について説明する。本実施例は、圧迫波形生成部52が圧迫波形としてストレイン波形59を生成する点は第2実施例と共通するが、適正圧迫周期検出部54の適正圧迫区間を検出するための演算処理内容が第2実施例と異なる。したがって、第2実施例と同様の部分については説明を省略する。

40

【0073】

図8は、圧迫周期検出部50の第7実施例の処理概念を示す図である。上記のような検者の均一な圧迫操作について判断する場合、実施例4や実施例5ではストレイン波形59の対称性に注目していたが、圧迫による組織の動きの均一性の指標として、ストレイン波形59のストレイン値、又はストレイン値から得られるストレインレートの分布に注目してもよい。そこで、本実施例の適正圧迫周期検出部54は、生成されたストレイン波形59又はこのストレイン波形に基づいて生成されたストレインレート波形67に基づいて各圧迫周期における分散又は標準偏差を求め、求められた分散又は標準偏差に基づいて被検体の断層面の組織の圧迫状態が適切な圧迫周期を検出する。

【0074】

50

すなわち、ストレイン波形  $S(t)$  の圧迫量が 0 となる時間からストレイン波形  $S(t)$  一周期分の区間  $N$  における、ストレインの分散<sup>2</sup>及び標準偏差は、適正圧迫周期検出部 54 において下記数式で求められる。

【数 8】

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N (S(t) - S_{avg})^2$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

10

【0075】

ここで、 $S_{avg}$  は  $S(t)$  の相加平均である。得られた分散<sup>2</sup>及び標準偏差が大きい場合、ストレインに偏りが生じているものと考えられる。一方分散と標準偏差が小さい場合、ストレインの偏りも小さくストレインが均一であると考えられる。そこで、適正圧迫周期検出部 54 は、分散<sup>2</sup>及び標準偏差が最小となる区間を適正圧迫区間として検出する。図 8 の例では、区間  $N_0$ 、 $N_1$  においてはストレインに偏りが生じているため分散、標準偏差が大きくなる一方、区間  $N_2$  においては、ストレインに偏りが生じていないため分散、標準偏差が小さくなるので、区間  $N_2$  を適正圧迫区間 60 として検出する。

【0076】

適正圧迫周期検出部 54 は、分散<sup>2</sup>及び標準偏差があらかじめ設定された閾値より小さい区間を適正圧迫区間として検出することもできる。適正圧迫周期検出部 54 は、適正圧迫区間の情報を切替加算部 24 に送り、切替加算部 24 において圧迫波形上に適正な圧迫区間として表示する。また、生成される弾性画像を順次メモリ 72 等の記録媒体に格納しておき、例えば検者が弾性画像の撮像を終えてフリーズさせたら、適正圧迫区間において生成された弾性画像の少なくとも 1 つを記録媒体から読みだして画像表示器 26 に表示する。

20

【0077】

また、上記の実施例 2 と同様にしてストレインレートは求められ、ストレインレートの値をプロットすることにより、図 8 の下段に示すようなストレインレート波形 67 (ストレインレート波形  $SR(t)$ ) が生成される。ストレインレート波形  $SR(t)$  についても、ストレイン波形  $S(t)$  と同様にしてストレインレートの分散<sup>2</sup>及び標準偏差を求めて、分散<sup>2</sup>及び標準偏差が最小となる区間或いはあらかじめ設定された閾値より小さい区間を適正圧迫区間 60 として検出する。例えば図 8 の下段に示すように、ストレインレート波形 67 を絶対値化してストレインレート絶対値波形 69 を生成し、ストレインレート絶対値波形 69 において、分散<sup>2</sup>及び標準偏差を求めて適正圧迫区間を検出することもできる。

30

【0078】

(第 8 実施例)

本実施形態の超音波診断装置 100 の圧迫周期検出部 50 の第 8 実施例について説明する。上記の第 1 - 第 7 実施例は、適正な圧迫区間を検出、表示するための実施例であったが、これらの実施例に用いられる圧迫波形中に適正な圧迫区間が存在しない場合も考えられる。そこで本実施例の圧迫周期検出部 50 は、実施例 1 と同様の手法で適正圧迫周期検出部 54 により求められた各圧迫周期の相関値があらかじめ設定された相関閾値より大きい圧迫周期を、被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な圧迫周期として検出するとともに、検出された適正な圧迫周期の数をカウントして画像表示器 26 に表示する。

40

【0079】

図 9 は、圧迫周期検出部 50 の第 8 実施例の処理概念を示す図である。図 9 の上段は実施例 1 と同様の教師波形 58 (教師波形  $T(t)$ ) を示しており、下段は圧迫波形 56 (圧迫波形  $P(t)$ ) を示している。例えば図 9 のように、適正な圧迫区間検出に用いられる相関値に対して、任意の閾値 (例えば 0.85) を設定し、相関値が設定した閾値以上

50

もしくは閾値以下の圧迫区間数をカウントして、検査時の圧迫操作中において圧迫波形上に適正圧迫区間が含まれることを表示するものである。

【 0 0 8 0 】

例えば適正圧迫区間検出の実施例 1 の場合、適正圧迫周期検出部 5 4 において任意の閾値を設定し、圧迫波形  $P(t)$  と教師波形  $T(t)$  間の相関値が設定した閾値以上となる圧迫区間数をカウントして、カウント値を切替加算部 2 4 に送り画像表示器 2 6 に表示する。図 9 の例では、区間  $N 0 - N 5$  における各相関値  $C 0 - C 5$  が、それぞれ  $0.70$  ,  $0.80$  ,  $0.95$  ,  $0.85$  ,  $0.80$  ,  $0.95$  であるから、区間  $N 2$  ,  $N 3$  ,  $N 5$  が適正圧迫区間 6 0 として検出され、検出数である 3 が表示される。

【 0 0 8 1 】

なお上記の例では、適正圧迫区間検出の実施例 1 を元に設定した閾値以上となる圧迫区間数のカウント及び表示を行ったが、適正圧迫区間検出の実施例 2 - 7 のそれぞれにおいて適正な圧迫区間検出に用いられる指示値に対する閾値の設定、及び指示値と閾値の比較結果によって適正な圧迫区間数をカウントして表示してもよい。

【 0 0 8 2 】

( 第 9 実施例 )

本実施形態の超音波診断装置 1 0 0 の圧迫周期検出部 5 0 の第 9 実施例について説明する。上記第 1 - 第 7 実施例においては、適正圧迫区間の検出、表示によって検者のフレーム選択の時間を短縮するようにしてきたが、適正な圧迫区間内にある複数の弾性画像の選択時間は別途必要となる。そこで、本実施例は、被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な圧迫周期内の複数の弾性画像を加算又は加算平均した合成弾性画像を生成し、この合成弾性画像を画像表示器 2 6 に表示するものである。

【 0 0 8 3 】

図 1 0 は、第 9 実施例の画像表示における処理概念を示す図である。図 1 0 に示すように、圧迫波形 5 6 ( 圧迫波形  $P(t)$  ) の適正圧迫区間 6 0 内には、複数 ( 本実施例では 6 つ ) の弾性画像 6 8 a - 6 8 f が存在する。この適正圧迫区間内にある複数の弾性画像 6 8 a - 6 8 f のうちのいずれを診断用とするかの選択時間を短縮するため、適正な圧迫区間内の弾性画像 6 8 a - 6 8 f を加算又は加算平均して合成弾性画像 7 0 を生成して表示する。

【 0 0 8 4 】

なお上記例では、適正圧迫区間内の弾性画像全てを加算又は加算平均した弾性画像を検出、表示したが、適正圧迫区間をいくつかに分けてその中で加算又は加算平均を行い、複数の合成弾性画像を生成、表示してもよい。

【 0 0 8 5 】

( 第 1 0 実施例 )

本実施形態の超音波診断装置 1 0 0 の圧迫周期検出部 5 0 の第 1 0 実施例について説明する。上記の第 9 実施例においては、適正圧迫区間内の複数の弾性画像を合成して表示したが、原画像のまま表示する場合、第 9 実施例ではフレーム選択の時間短縮が見込めない。そこで本実施例は、適正圧迫区間内にある複数の弾性画像データの選択時間を短縮するため、被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な圧迫周期内の複数の弾性画像を時系列順に画像表示器 2 6 にマルチスクリーン表示するものである。

【 0 0 8 6 】

図 1 1 は、第 1 0 実施例における画像表示例を示す図である。図 1 1 に示すように、圧迫波形 5 6 ( 圧迫波形  $P(t)$  ) の適正圧迫区間 6 0 内には、複数 ( 本実施例では 9 つ ) の弾性画像 6 8 a - 6 8 i が存在する。そこで、図 1 1 に示すように、画像表示器 2 6 に複数の弾性画像 6 8 a - 6 8 i を時系列順に並べてマルチスクリーン表示を行う。これにより、検者は、適正圧迫区間において生成された複数の弾性画像を一覧で参照することができるので、診断用の弾性画像を選択し易くなる。

【 0 0 8 7 】

( 第 1 1 実施例 )

10

20

30

40

50

本実施形態の超音波診断装置 100 の圧迫周期検出部 50 の第 11 実施例について説明する。適正圧迫区間検出の実施例 7 において検出した複数の適正な圧迫区間を検出した場合や適正な圧迫区間検出に用いる指示値が複数区間において同一となる場合、さらにその中からより適正である圧迫区間を選択する必要がある。そこで本実施例は、被検体の断層面の組織の圧迫状態が適正な複数の圧迫周期のそれぞれにおいて、圧迫周期内の複数の弾性画像を加算又は加算平均した合成弾性画像を生成し、生成された複数の合成弾性画像を時系列順に画像表示器にマルチスクリーン表示するものである。

#### 【0088】

図 12 は、第 11 実施例における画像表示例を示す図である。図 12 に示すように、例えば圧迫波形 56（圧迫波形  $P(t)$ ）において複数（本実施例では 3 つ）の適正圧迫区間 60a - 60c が検出されたとする。適正圧迫区間 60a - 60c のそれぞれにおいて、圧迫区間に含まれている複数の弾性画像を加算又は加算平均して合成弾性画像 70a - 70c を生成する。そして、画像表示器 26 に複数の合成弾性画像 70a - 70c を時系列順に並べてマルチスクリーン表示を行う。これにより、検者は、適正圧迫区間において生成された複数の弾性画像に基づく合成弾性画像を一覧で参照することができるので、より適正な圧迫区間の選択及び弾性画像選択の時間を短縮することができ、診断効率を向上させることができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0089】

- 10 被検体
- 12 超音波探触子
- 26 画像表示器
- 30 変位計測部
- 32 弾性情報演算部
- 34 弾性画像構成部
- 42 インターフェイス部
- 46 圧力計測部
- 50 圧迫周期検出部
- 52 圧迫波形生成部
- 54 適正圧迫周期検出部
- 56 圧迫波形
- 58 教師波形
- 59 ストレイン波形
- 60 適正圧迫区間
- 64 積分グラフ
- 66 ピーク点
- 67 ストレインレート波形
- 68 弾性画像
- 70 合成弾性画像
- 72 メモリ
- 100 超音波診断装置

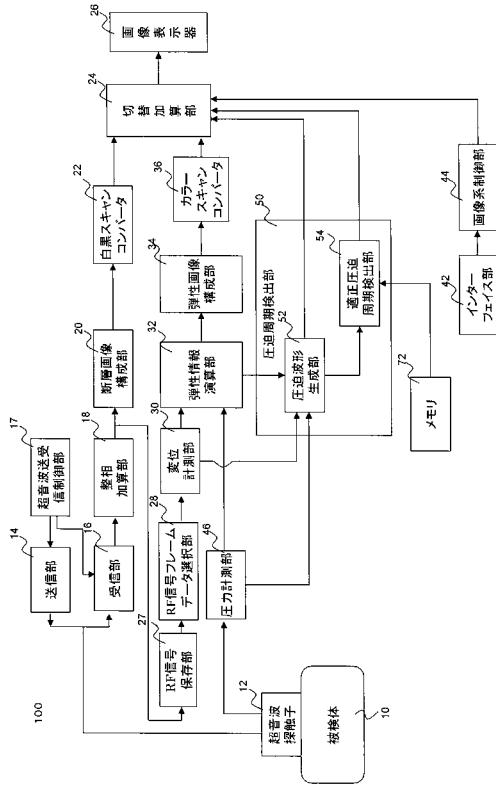
10

20

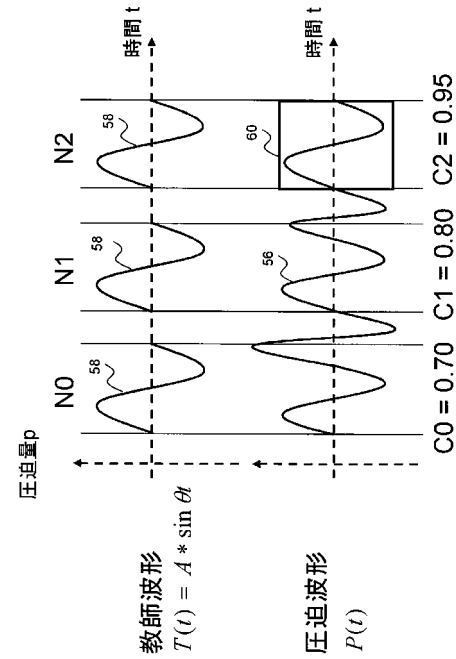
30

40

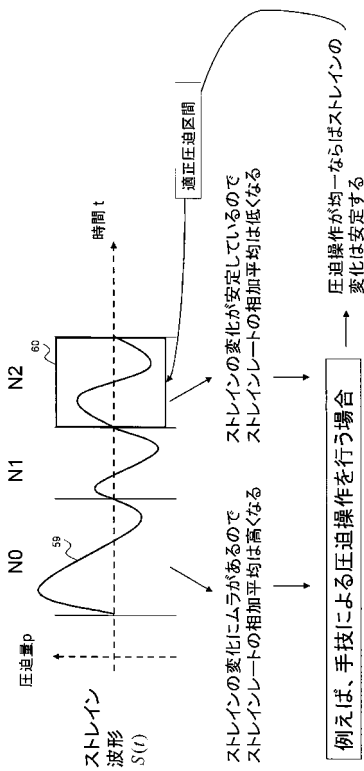
【図 1】



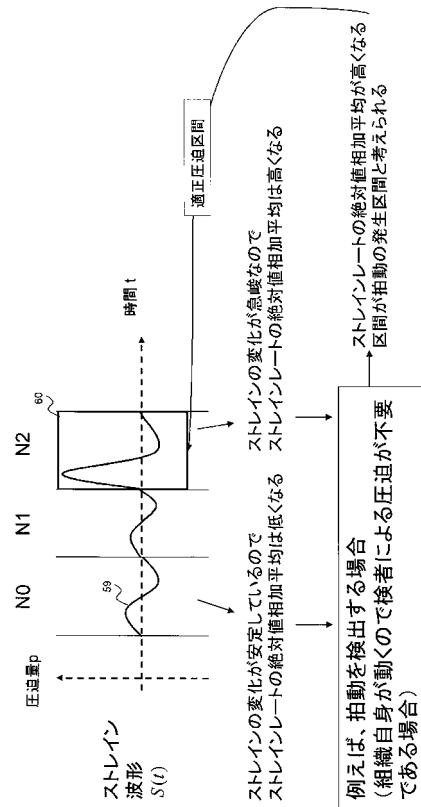
【図 2】



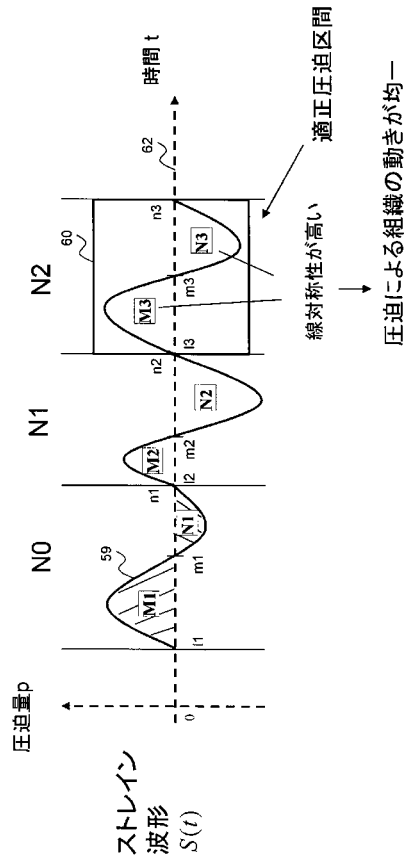
【図 3】



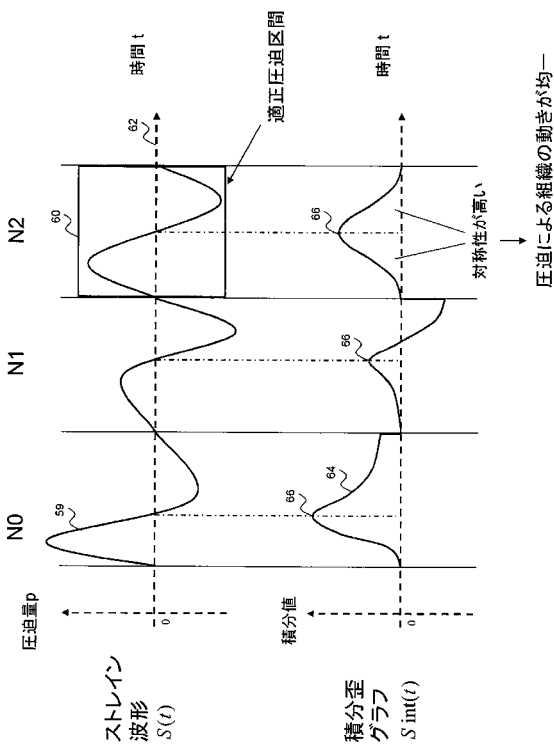
【図 4】



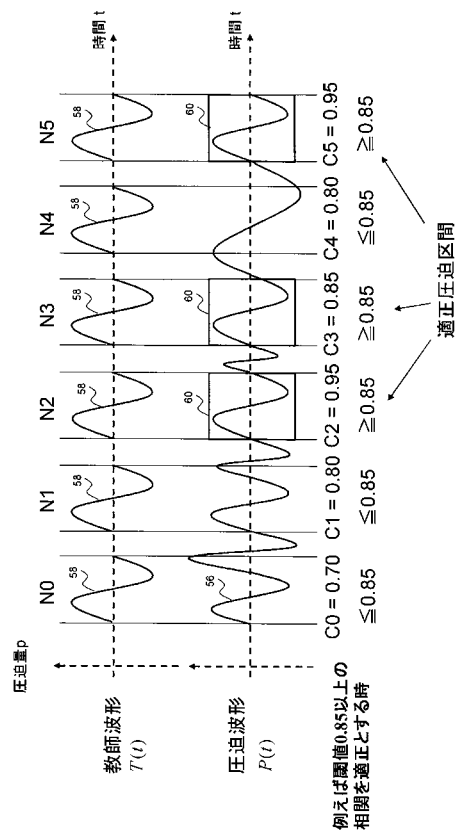
【図 5】



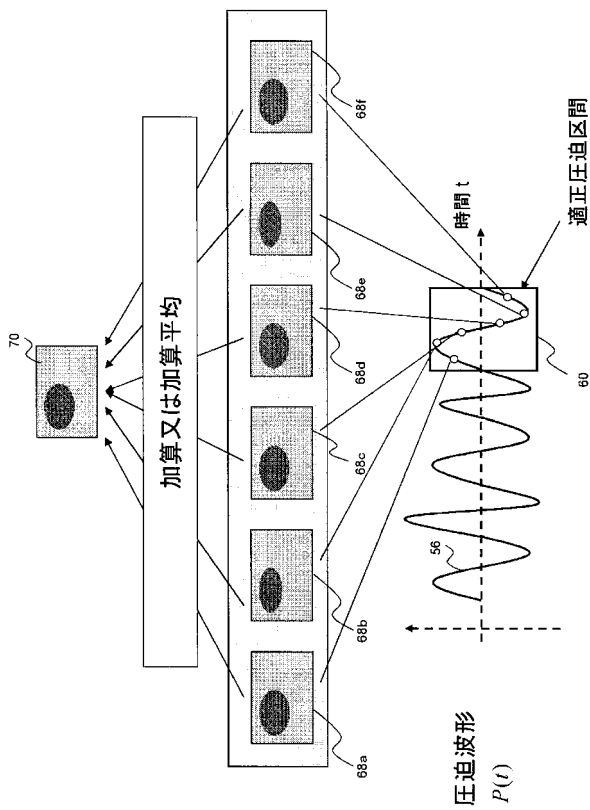
【図 7】



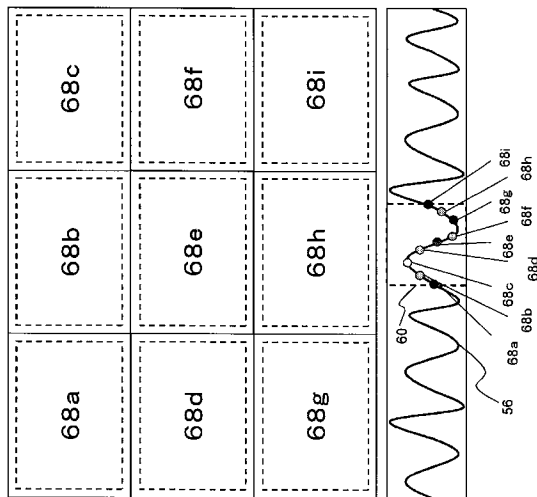
【図 9】



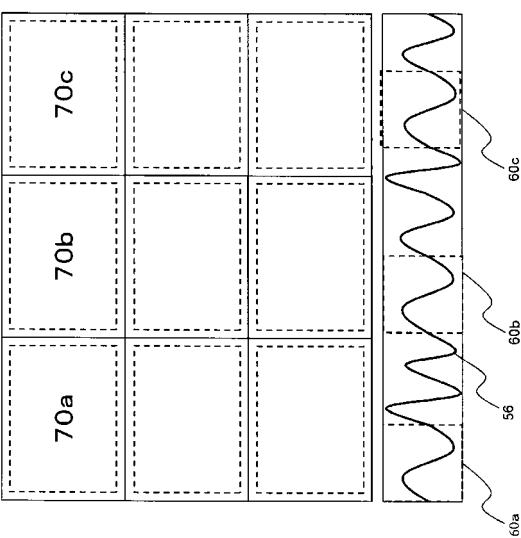
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2005/120358(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B5/055

6/00 - 6/14

8/00 - 8/15

G06T1/00

11/60 - 13/80

17/05

19/00 - 19/20