

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-152192

(P2005-152192A)

(43) 公開日 平成17年6月16日(2005.6.16)

(51) Int.Cl.⁷

A61B 8/08

F I

A61B 8/08

テーマコード (参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2003-393562 (P2003-393562)	(71) 出願人	390029791 アロカ株式会社 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(22) 出願日	平成15年11月25日(2003.11.25)	(74) 代理人	100075258 弁理士 吉田 研二
		(74) 代理人	100096976 弁理士 石田 純
		(72) 発明者	原田 烈光 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロカ株式会社内
		(72) 発明者	岡田 孝 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロカ株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 BB02 DD15 DD19 DE03 EE09 JB37 JB45 JB46 KK12 KK17

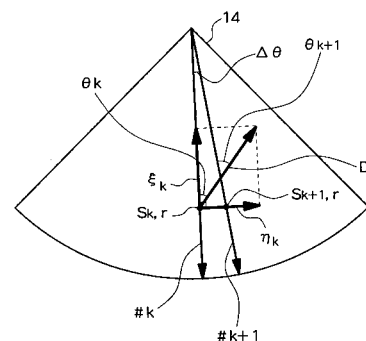
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】超音波診断装置において、組織の歪み（ストレイン）などの情報のビーム直交成分を求める。

【解決手段】互いに微小角度 $\Delta\theta$ 異なる2つのビームが設定され、一方のビーム上に第1サンプル点 $S_{k,r}$ 、他方のビーム上に第2サンプル点 $S_{k+1,r}$ が設定される。各サンプル点ごとに、エコートラッキング法又は組織ドプラ法を用いて組織変位が演算され、それらの差分から、ストレインのビーム直交成分が演算される。また、第1サンプル点の組織変位と、それと同じビーム上に設定された第3サンプル点の組織変位とから、ストレインのビーム方向成分も演算される。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 ビーム方位上に第 1 サンプル点を設定し、前記第 1 ビームに対して角度差をもった第 2 ビーム方位上に第 2 サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、

前記第 1 ビーム方位及び前記第 2 ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、

前記各超音波ビームに対応した受信信号に基づいて、前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位を演算する変位演算手段と、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位に基づいて、組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、

前記ビーム直交成分演算手段は、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位の差分を演算する手段と、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位の差分に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算する手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

20

請求項 1 記載の装置において、

前記サンプル点設定手段は、更に、前記第 1 ビーム方位上において前記第 1 サンプル点と並んだ第 3 サンプル点を設定し、

前記変位演算手段は、更に、前記第 1 超音波ビームに対応した受信信号に基づいて、前記第 3 サンプル点の組織変位を演算し、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム方向成分を演算するビーム方向成分演算手段が設けられたことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

30

請求項 3 記載の装置において、

前記ビーム方向成分演算手段は、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位の差分を演算する手段と、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位の差分に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム方向成分を演算する手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の装置において、

前記ビーム直交成分及びビーム方向成分に基づいて、前記組織歪みに関する情報の二次元ベクトルが求められることを特徴とする超音波診断装置。

40

【請求項 6】

第 1 ビーム方位上に第 1 サンプル点を設定し、前記第 1 ビーム方位に対して角度差をもった第 2 ビーム方位上に第 2 サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、

前記第 1 ビーム方位及び前記第 2 ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、

前記第 1 超音波ビームに対応した受信信号における前記第 1 サンプル点に対応したポイントに対してトラッキングを行って前記第 1 サンプル点の組織変位を演算し、前記第 2 超音波ビームに対応した受信信号における前記第 2 サンプル点に対応したポイントに対してトラッキングを行って前記第 2 サンプル点の組織変位を演算する変位演算手段と、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位に基づいて、組織歪

50

みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、
を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の装置において、

前記変位演算手段でトラッキングされる各受信信号は R F 信号であることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

第 1 ビーム方位上に第 1 サンプル点を設定し、前記第 1 ビーム方位に対して角度差をもった第 2 ビーム方位上に第 2 サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、

前記第 1 ビーム方位及び前記第 2 ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、 10

前記第 1 超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第 1 サンプル点の組織速度を演算し、前記第 2 超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第 2 サンプル点の組織速度を演算する速度演算手段と、

前記第 1 サンプル点の組織速度に基づいて当該第 1 サンプル点の組織変位を演算し、前記第 2 サンプル点の組織速度に基づいて当該第 2 サンプル点の組織変位を演算する変位演算手段と、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位に基づいて、組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。 20

【請求項 9】

前記変位演算手段は組織速度の時間積分を行って組織変位を演算する手段であることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 10】

第 1 ビーム方位上に互いに隔てて第 1 サンプル点及び第 3 サンプル点を設定し、前記第 1 ビーム方位と異なる第 2 ビーム方位上における前記第 1 サンプル点と同一深さに第 2 サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、

前記第 1 ビーム方位及び前記第 2 ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、

前記各超音波ビームに対応した受信信号に基づいて、前記第 1 サンプル点の組織変位、 30
前記第 3 サンプル点の組織変位、及び、前記第 2 サンプル点の組織変位を演算する変位演算手段と、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位の差分に基づいて、組織歪みに関する情報のビーム方向成分を演算するビーム方向成分演算手段と、

前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位の差分に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の装置において、

前記第 1 サンプル点の組織変位、前記第 3 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル 40
点の組織変位に基づいて、組織変位の二次元ベクトルが求められることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 12】

請求項 1 ～ 11 のいずれかの請求項に記載の装置において、

前記組織歪みに関する情報は、ストレイン及びストレインレートの少なくとも一方であることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 13】

第 1 ビーム方位上に第 1 サンプル点を設定し、前記第 1 ビーム方位に対して角度差をもった第 2 ビーム方位上に第 2 サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、

前記第 1 ビーム方位及び前記第 2 ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音 50

波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、

前記第1超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第1サンプル点の組織速度を演算し、前記第2超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第2サンプル点の組織速度を演算する速度演算手段と、

前記第1サンプル点の組織速度と前記第2サンプル点の組織速度の差分から、ストレインレートのビーム直交成分を演算する手段と、

前記ストレインレートのビーム直交成分の時間積分により、ストレインのビーム直交成分を演算する手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波診断装置に関し、特に、組織の局所歪みに関する情報の計測に関する。

【背景技術】

【0002】

心筋梗塞などの心臓疾患を診断するために、超音波の送受波を利用して、組織（心筋）の局所的な歪み（ストレイン）あるいは歪み速度（ストレインレート）などを計測する技術が提案されている。そのための1つの手法として、超音波ドプラ法に従って心筋の運動情報を得る組織ドプライメージング（TDI）法を応用した手法がある。すなわち、このTDI法に基づく手法によれば、各位置における組織の運動速度情報が得られ、それを用いて、例えば以下の演算を行うことにより、ストレインあるいはストレインレートが求められている。

20

【0003】

歪み ε は単位長さあたりの変位として次式で定義される。ここで、 r は距離（超音波の伝播方向における観測点の深さ）であり、 ξ はその距離方向の変位である。

【数1】

$$\varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial r} \quad (1)$$

30

【0004】

上記の歪み ε の時間的变化、すなわち、歪み速度であるストレインレートは、次のように距離方向の変位速度 u の空間勾配に等しい。下記特許文献1（特公平5-43381号公報）には空間勾配を演算する構成が示されている。

【数2】

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \xi}{\partial r} \right) = \frac{\partial u}{\partial r} \quad (2)$$

40

【0005】

上記の関係から、上記のTDI法で求めた組織速度について、その空間勾配を求めれば、結果として歪み速度を得ることができる。そして、その歪み速度を時間的に積分すれば、歪み（ストレイン）を求めることができる。

【0006】

このようなストレインやストレインレートは、ある点についての時間的变化として波形表示され、あるいは走査面上における各点について表現されて二次元イメージとして表示される（ストレインイメージング（SI）法、ストレインレートイメージング（SRI）法）。

50

【0007】

なお、上記のような演算方法では、ストレインやストレインレートを求めるのに当たり、局所速度等の差分演算が行われるので、心臓全体の並進運動や周辺の心筋運動による影響の一部又は全部がキャンセルされる。

【0008】

下記の特許文献2（特開平9-313486号公報）には、微小距離離れた2点について、変位運動波形と速度波形とを計測し、その2点間で、変位運動波形の差と速度波形の差とを求めることにより、厚み及び厚み変化の速度を求める技術が開示されている。そのために、各点のトラッキングがなされている。下記の特許文献3（特開2003-79627号公報）には超音波画像上で心筋を探索し、それをトラッキングする技術が開示されている。下記の特許文献4（特開2002-17724号公報）には、エコートラッキング技術が開示されている。その技術は、関心領域（ROI）を心筋の動きに連動させて移動させるためのものである。下記の特許文献5には、互いに微小角度をもって交差する2つのビーム上で血流の速度成分を求め、それらの速度からビームに直交する方向の速度成分を演算する技術が開示されている。下記の特許文献1には、上記TDIについて記載され、下記の特許文献2にはストレイン速度のイメージング法が記載されている。

10

【0009】

しかしながら、上記の各文献には、組織歪みに関する情報についてのビーム直交成分を求めること、及び、そのためにRFトラッキング技術を利用すること、については記載されていない。

20

【0010】

【特許文献1】特公平5-43381号公報

【特許文献2】特開平9-313486号公報

【特許文献3】特開2003-79627号公報

【特許文献4】特開2002-17724号公報

【特許文献5】特開昭62-152436号公報

【非特許文献1】W.N.McDicken et al., Color Doppler velocity imaging of the myocardium, Ultrasound Med Biol, vol.18, pp.651-654, 1992.

【非特許文献2】A.Heimdal et al., Real-time strain velocity Imaging(SVI), Proceedings of IEEE ultrasonics symposium, 1423-1426, 1997.

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

従来においては、ストレイン及びストレインレートについてのビーム方向成分しか求められていない。しかしながら、組織の局所歪み方向は多様である。よって、より正確に組織歪みに関する情報を演算することが求められる。また、その情報をより精度良く演算することが求められる。

【0012】

本発明の目的は、組織の局所歪みに関する情報をより正確に求められるようにすることにある。

40

【0013】

本発明の他の目的は、組織の局所歪みに関する情報のビーム直交成分を演算できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

(1) 本発明は、第1ビーム方位上に第1サンプル点を設定し、前記第1ビーム方位に対して角度差をもった第2ビーム方位上に第2サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、前記第1ビーム方位及び前記第2ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、前記各超音波ビームに対応した受信信号に基づいて、前記第1サンプル点の組織変位及び前記第2サンプル点の組織変位を

50

演算する変位演算手段と、前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 2 サンプル点の組織変位に基づいて、組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、を含むことを特徴とする。

【0015】

上記構成によれば、第 1 ビーム方位と第 2 ビーム方位の交差関係を基礎として、第 1 サンプル点及び第 2 サンプル点の組織変位から、組織歪みに関する情報（ストレイン、ストレインレートあるいはそれらに相当する情報）のビーム直交成分が求められる。よって、従来装置では提供できない組織診断に有益な情報を提供できる。勿論、ビーム直交成分をそのまま出力してもよいし、それとビーム方向成分とを組み合わせる二次元ベクトル情報として提供してもよい。隣接する 2 つのビーム上において、第 1 サンプル点と第 2 サンプル点とが同じ深さに設定されるのが望ましい。なお、より多くのサンプル点を設定し、各サンプル点の組織速度や組織変位を計測し、その情報を利用するようにしてもよい。また、複数のサンプル点について、組織歪みに関する情報のビーム直交成分を同時的に演算するようにしてもよい。

10

【0016】

望ましくは、前記ビーム直交成分演算手段は、前記基準サンプル点の組織変位及び前記直交サンプル点の組織変位の差分を演算する手段と、前記基準サンプル点の組織変位及び前記直交サンプル点の組織変位の差分に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算する手段と、を含む。なお、ビーム直交成分演算手段をテーブルとして構成し、そのテーブル上に、各組織変位、ビーム交叉角度及びサンプル点深さの組み合わせに

20

【0017】

望ましくは、前記サンプル点設定手段は、更に、前記第 1 ビーム方位上に第 3 サンプル点を設定し、前記変位演算手段は、更に、前記第 1 超音波ビームに対応した受信信号に基づいて、前記第 3 サンプル点の組織変位を演算し、前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム方向成分を演算するビーム方向成分演算手段が設けられる。

【0018】

望ましくは、前記ビーム方向成分演算手段は、前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位の差分を演算する手段と、前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位の差分に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム方向成分を演算する手段と、を含む。このビーム方向成分演算手段についてもテーブルとして構成することが可能である。

30

【0019】

(2) また、本発明は、第 1 ビーム方位上に第 1 サンプル点を設定し、前記第 1 ビーム方位に対して角度差をもった第 2 ビーム方位上に第 2 サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、前記第 1 ビーム方位及び前記第 2 ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、前記第 1 超音波ビームに対応した受信信号における前記第 1 サンプル点に対応したポイントに対してトラッキングを行って前記第 1 サンプル点の組織変位を演算し、前記第 2 超音波ビームに対応した受信信号における前記第 3 サンプル点に対応したポイントに対してトラッキングを行って前記第 3 サンプル点の組織変位を演算する変位演算手段と、前記第 1 サンプル点の組織変位及び前記第 3 サンプル点の組織変位に基づいて、組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、を含むことを特徴とする。

40

【0020】

上記構成によれば、信号トラッキングの手法を用いて組織変位を計測し、その上で、直交成分を演算することができる。望ましくは、RF 信号に対するトラッキング（つまり、受信信号の位相レベルでのトラッキング）が実施され、これによれば、組織の微小変位を高精度に計測した上で、その計測結果から組織歪みに関する情報を演算することができる。サンプル点についてトラッキングが行われるので、サンプル点が設定された組織が移動

50

してもそれに伴ってサンプル点も移動することになるので、組織歪みに関する情報を正確に求めることができ、信頼性の高い結果を得られる。

【0021】

(3) また本発明は、第1ビーム方位上に第1サンプル点を設定し、前記第1ビーム方位に対して角度差をもった第2ビーム方位上に第2サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、前記第1ビーム方位及び前記第2ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、前記第1超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第1サンプル点の組織速度を演算し、前記第2超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第2サンプル点の組織速度を演算する速度演算手段と、前記第1サンプル点の組織速度に基づいて当該第1サンプル点の組織変位を演算し、前記第2サンプル点の組織速度に基づいて当該第2サンプル点の組織変位を演算する変位演算手段と、前記第1サンプル点の組織変位及び前記第2サンプル点の組織変位に基づいて、組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、を含むことを特徴とする。

10

【0022】

上記構成によれば、組織ドプラ法を用いて各サンプル点ごとに組織速度が演算され、それに基づいて各サンプル点ごとに組織変位が求められ、その上で、ビーム直交成分が演算される。望ましくは、前記変位演算手段は組織速度の時間積分を行って組織変位を演算する手段である。

【0023】

(4) また本発明は、第1ビーム方位上に互いに隔てて第1サンプル点及び第3サンプル点を設定し、前記第1ビーム方位と異なる第2ビーム方位上における前記第1サンプル点と同一深さに第2サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、前記第1ビーム方位及び前記第2ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、前記各超音波ビームに対応した受信信号に基づいて、前記第1サンプル点の組織変位、前記第3サンプル点の組織変位、及び、前記第2サンプル点の組織変位を演算する変位演算手段と、前記第1サンプル点の組織変位及び前記第3サンプル点の組織変位の差分に基づいて、組織歪みに関する情報のビーム方向成分を演算するビーム方向成分演算手段と、前記第1サンプル点の組織変位及び前記第2サンプル点の組織変位の差分に基づいて、前記組織歪みに関する情報のビーム直交成分を演算するビーム直交成分演算手段と、を含むことを特徴とする。

20

30

【0024】

望ましくは、前記第1サンプル点の組織変位、前記第3サンプル点の組織変位及び前記第2サンプル点の組織変位に基づいて、組織変位の二次元ベクトルを演算する手段を含む。

【0025】

(5) また本発明は、第1ビーム方位上に第1サンプル点を設定し、前記第1ビーム方位に対して角度差をもった第2ビーム方位上に第2サンプル点を設定するサンプル点設定手段と、前記第1ビーム方位及び前記第2ビーム方位にそれぞれ超音波ビームを形成し、各超音波ビームに対応した受信信号を出力する送受波手段と、前記第1超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第1サンプル点の組織速度を演算し、前記第2超音波ビームに対応した受信信号に含まれるドプラ情報に基づいて前記第2サンプル点の組織速度を演算する速度演算手段と、前記第1サンプル点の組織速度と前記第2サンプル点の組織速度の差分から、ストレインレートのビーム直交成分を演算する手段と、前記ストレインレートのビーム直交成分の時間積分により、ストレインのビーム直交成分を演算する手段と、を含むことを特徴とする。

40

【0026】

上記のように、第1サンプル点の組織速度と第2サンプル点の組織速度の差（速度勾配）を、第1ビーム方位と第2ビーム方位の角度差の二乗及びそれらサンプル点の深さで割ることによって、ストレインレートのビーム直交成分が演算され、その時間積分によって

50

ストレインのビーム直交成分が演算される。

【発明の効果】

【0027】

以上説明したように、本発明によれば、組織歪みに関する情報のビーム直交成分を求めることができるので、組織診断に有益な情報を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【0029】

第1実施形態においては、それ自体公知のエコトラッキング技術を用いて心筋組織の微小変位が計測される。この手法を用いれば、RF信号（検波前の受信信号）をトラッキング対象として、例えば10 μ m程度の分解能で組織変位を計測することができるので、TDI法を基礎とする手法に比べて、一般に、1桁あるいは2桁程度もストレイン及びストレインレートの計測精度を上げることができる。なお、既に説明したように、エコトラッキングによれば、サンプル点の移動（組織移動）に追従して変位を計測できるので、従来のように空間の固定位置にサンプル点を設定して計測を行う場合に比べて理論に忠実である。

【0030】

具体的に説明すると、例えば、図1に示すように心臓の心尖部からの長軸断層画像（Bモード画像）10上で、例えば心筋12におけるあるビーム方位上の任意の2点にトラッキング用のサンプル点S1、S2が設定される。ここで、サンプル点S1の深さをrとし、サンプル点間の距離を Δr とすれば、サンプル点S2の深さは $r + \Delta r$ で表される。これにより、そのビーム方位に対して一定の繰り返しシーケンスに従って超音波ビームが繰り返し形成され、それに伴って、2つのサンプル点S1、S2に対して個別的に受信信号（RF信号）のトラッキングが遂行され（通常、信号波形上におけるゼロクロス点がトラッキングポイントとなる）、それにより各サンプル点ごとに変位の時間変化がリアルタイムで求められる。2つのサンプル点S1、S2についての組織変位の差分を基準距離で規格化すると、2点間の組織歪み（ビーム方向成分）を時間軸上に表した波形を得ることができる。図示された2つのサンプル点は、後に説明するビーム直交成分の演算に際しては、一方が「第1サンプル点（基準となるサンプル点）」、他方が「第3サンプル点（同一ビーム上に並ぶ他のサンプル点）」として定義され、また、隣接する別の超音波ビーム上には「第2サンプル点（同一深さの直交サンプル点）」が設定される。

【0031】

なお、図2には心臓の短軸断面が模式的に示されているが、同図に示すように、複数の超音波ビーム上にそれぞれ複数のサンプル点S1～S8を設定し、隣接するサンプル点ペアごとにストレイン等を同時に計測するようにしてもよい。

【0032】

上記を更に数式を用いて説明する。サンプル点S1の変位（組織変位のビーム方向成分）を $\xi_1(t)$ とし、サンプル点2の変位（同じく組織変位のビーム方向成分）を $\xi_2(t)$ とする。各組織変位は、各サンプル点を受信信号上でトラッキングすることによって求められる。2つのサンプル点は上記のようにBモード画像を参照しながらマニュアルで設定してもよいし、あるいは、1点のみをマニュアルで指定して、もう1点を既に設定された1点の位置から自動的に求めるようにしてもよい。例えば、先に設定されたサンプル点から所定間隔隔てられた位置として、もう1点のサンプル点を自動的に設定してもよい。その場合、所定間隔は、例えば0.1mm、0.2mm、0.4mm、・・・といった所定値であってもよい。

【0033】

次に、2つのサンプル点S1、S2についての組織変位 ξ_1 、 ξ_2 の差分をとれば、2点間の相対変位 $\Delta \xi(t)$ が得られる。

【数 3】

$$\Delta \xi(t) = \xi_2(t) - \xi_1(t) \quad (3)$$

【0034】

上記(3)式からわかるように、2点間の変位の差分によって組織全体の並進運動成分は除去され、2点間の相対変位 $\Delta \xi(t)$ のみが演算される。

【0035】

この相対変位 $\Delta \xi(t)$ をある基準距離 r_0 で割って、つまり規格化すると、組織の歪み(ストレイン) $\varepsilon_r(t)$ が得られる。

【数 4】

$$\varepsilon_r(t) = \frac{\Delta \xi(t)}{r_0} \quad (4)$$

【0036】

ここで、基準距離 r_0 としては、上記 Δr が用いられる。但し、基準距離 r_0 は、一心拍間の相対変位の平均値、最大値、最小値、などであってもよく、それらを一心拍ごとに更新してもよい。あるいは、呼吸などによる影響を除くために、複数心拍分の平均値等を用いるようにしてもよい。歪み速度(ストレインレート)は、上記の歪みを時間微分することによって得られる。なお、上記の2つのサンプル点を例えば心臓壁の両面上に設定すれば、心臓壁の厚さの時間変化を得ることもできる。もちろん、上記の基準距離は、ある一定値であってもよいし、また例えば心臓の断層画像その他を用いてユーザー計測されたあるいは自動計測された距離であってもよい。なお、後述の直交成分の演算では、基準距離として、上記 Δr に相当する $r \Delta \theta$ (つまり $r \sin \Delta \theta$) が用いられている。

【0037】

次に、直交成分の演算について説明する。上記によって求められるストレインは、正確には、ストレインのビーム方向成分である。実際のストレインは二次元ベクトル(あるいは三次元ベクトル)として存在する。そこで、以下のような演算を用いてストレインの直交成分を求める。

【0038】

図3には走査面14が示されている。ここでは、 k 番目の超音波ビーム(ビーム方位)と、それと微小角度異なる $k+1$ 番目の超音波ビーム(ビーム方位)とが示されている。 k 番目の超音波ビームには、深さ r に第1サンプル点 $S_{k,r}$ が設定されており、 $k+1$ 番目の超音波ビーム上には、同じ深さ r に第2サンプル点 $S_{k+1,r}$ が設定されている。なお、 k 番目の超音波ビーム上には、ビーム方向成分を求めるために、更に第3サンプル点 $S_{k,r+\Delta r}$ も設定されるが、図示省略されている。

【0039】

k 番目の超音波ビーム上の基準サンプル点についての二次元の組織変位ベクトル D は、一般に、ビーム方向(距離方向)成分 ξ と、これに垂直な方向の成分(直交成分) η と、に分けられる。ここで、 e_r と e_t はそれぞれの方向の単位ベクトルを表す。なお、ここではビーム方向を示す添字を省略する。

【数 5】

$$\vec{D} = \xi \vec{e}_r + \eta \vec{e}_t \quad (5)$$

10

20

30

40

50

【0040】

k 番目のビームと k + 1 番目のビームとのなす角度を $\Delta \theta$ とし、各ビームが組織変位ベクトル D と交差する角度をそれぞれ θ_k 及び θ_{k+1} とすると、両者には以下のような関係がある。

【数 6】

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \Delta \theta \quad (6)$$

【0041】

10

角度が微小に相違する k 番目のビームと k + 1 番目のビームの間では、同一深さ点では、変位ベクトル D が変化しないものと仮定できるので、変位のビーム方向成分 ξ_k , ξ_{k+1} は次式で表される。但し、D は変位ベクトルの大きさ（絶対値）である。

【数 7】

$$\xi_k = D \cos \theta_k \quad (7)$$

$$\xi_{k+1} = D \cos \theta_{k+1} \quad (8)$$

【0042】

20

両者の差分を $\Delta \xi_k$ とすると、 $\Delta \theta$ が 1 に比較して十分に小さいことから、以下が成り立つ。

【数 8】

$$\begin{aligned} \Delta \xi_k &= \xi_{k+1} - \xi_k \\ &= D \cos \theta_{k+1} - D \cos \theta_k \\ &\cong -D \sin \theta_k \cdot \Delta \theta \\ &= -\eta_k \cdot \Delta \theta \end{aligned} \quad (9)$$

30

【0043】

よって、変位の直交方向成分 η_k は次式で与えられる。

【数 9】

$$\eta_k = -\frac{\Delta \xi_k}{\Delta \theta} \quad (10)$$

【0044】

40

したがって、距離 r における歪み（ストレイン）の直交成分 ε_t は次のように計算される。ここで、 $r \Delta \theta$ は、第 1 サンプル点と第 2 サンプル点との間の距離（近似値）である。

【数 10】

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= \frac{\eta}{r\Delta\theta} \\ &= -\frac{\Delta\xi}{r \cdot \Delta\theta^2}\end{aligned}\quad (11)$$

【0045】

必要に応じて、上記の直交成分 ε_t を更に時間微分すれば、ストレインレートの直交成分が求められる。なお、上記原理を三次元に拡張することも可能である。

10

【0046】

以上のように、微小角度 $\Delta\theta$ 異なる複数のビーム上に同一深さ r で複数のサンプル点を設定し、それらのサンプル点について組織変位（正確には組織変位のビーム方向成分）を計測すれば、それらの差分、パラメータ $\Delta\theta$ 、 r を用いて、ビーム直交成分を求めることができる。

【0047】

図4には、第1実施形態に係る超音波診断装置の構成が示されており、図1はその全体構成を示すブロック図である。

【0048】

プローブ20は、図4に示す例において体表面上に当接して用いられ、超音波を送受波する送受波器として機能する。プローブ20は、例えば複数の振動素子からなる1Dアレイ振動子を有している。このアレイ振動子によって超音波ビーム24が形成され、この超音波ビームを電子的に走査することにより、走査面14を構成することができる。図4においては電子セクタ走査が示されているが、もちろん他の電子走査方式が適用されてもよい。なお、プローブ20がいわゆる2Dアレイ振動子を有し、三次元データの取込みが行われてもよい。

20

【0049】

送信部26は、送信ビームフォーマーとして構成され、複数の振動素子に対して複数の送信信号をある遅延関係をもって供給する。また、受信部28は、受信ビームフォーマーとして構成され、複数の振動素子から出力される受信信号に対して整相加算処理を実行し、その整相加算後の受信信号を出力する。本実施形態において受信信号はRF（高周波）信号として出力されており、その信号はBモード画像形成部32、変位演算部34及び血流速度演算部38へ出力されている。

30

【0050】

制御部30は図4に示される各構成の動作制御を行っており、CPU及びシステムプログラムなどによって構成される。制御部30には、操作パネル31が接続されている。この操作パネル31はキーボードやトラックボールなどの入力装置であり、この操作パネル31を利用してユーザーによりサンプル点の指定などが行われる。

【0051】

Bモード画像形成部32は、受信信号に対して検波、対数変換処理などを実行し、Bモード画像を形成するための信号処理を実行する。その信号処理後の受信信号すなわちエコーデータは画像表示処理部40へ出力されている。

40

【0052】

血流速度演算部38は、ドプラ情報を抽出するための直交検波器や自己相関回路などによって構成され、この血流速度演算部38により走査面14内における各点について血流速度がリアルタイム演算される。その演算結果は画像表示処理部40へ出力される。ちなみに、血流速度演算部38の動作条件を切り替えることにより、運動体としての例えば心臓についてドプラ情報を抽出し、そのような組織のイメージングを行うことも可能である。

50

【0053】

変位演算部34はRFトラッキング部として機能し、走査面14上に設定される複数のサンプル点について個別的にエコートラッキングを実施する。すなわち、本実施形態においては、例えば図1に示されるように、あるビーム方位上において一定間隔をもってサンプル点（第1及び第3のサンプル点）S1、S2が設定されるが、変位演算部34は、それぞれのサンプル点S1、S2に相当する信号波形上のゼロクロスポイントをトラッキングし、このポイントの時間的な変化として変位を求めている。例えばサンプリング点が指定された組織部位が移動した場合には、トラッキングポイントもそれに追従して移動する。このようなトラッキング技術によれば、受信信号の位相検出の分解能をもって変位を演算することが可能であるので、組織の微小変位を高精度に計測することが可能となる。本実施形態においては、更に、直交成分を求めるために、隣接する別のビーム上にもう1つのサンプル点（第2のサンプル点）が設定され、それについても、上記同様にエコートラッキングが行われる。

【0054】

ちなみに、Bモード画像の形成と変位演算とを並行して行う場合には、超音波ビームの走査を行いながら、サンプル点が指定された特定の1又は複数のビーム方位に対して間欠的に超音波ビームが形成されることになる。

【0055】

歪み演算部36は各サンプル点ごとに求められた変位に基づいて、組織歪みに関する情報（ストレイン、ストレインレート）のビーム方向成分及び直交成分を演算する回路である。これについては後に図5を用いて具体的に説明する。歪み演算部36によって求められた歪みすなわちストレインあるいはストレインレートの情報は画像表示処理部40へ出力される。ちなみに、本実施形態において歪み演算部36はストレイン及びストレインレートについてのビーム方向成分及び直交成分のそれぞれの成分を独立して演算する機能を有しており、それらの演算結果が画像表示処理部40へ出力されている。

【0056】

画像表示処理40は、デジタルスキャンコンバータ（DSC）としての機能を有し、すなわち、座標変換機能、補間機能、画像合成機能などを有している。また、本実施形態においては演算されたストレイン（あるいはストレインレート）についてのグラフを形成する機能やそれらの値を数値表示する機能を有している。画像表示処理部40によって形成される表示画像は表示部42において表示される。ちなみに、画像表示処理部40が、上述した歪みに関する情報のビーム方向成分及び直交成分から歪みベクトルを演算するようにしてもよい。またそのような歪みベクトルをBモード画像上においてサンプル点から伸びる矢印などとして視覚的に表現するようにしてもよい。その場合において矢印の長さはストレインあるいはストレインレートの大きさに対応付けるのが望ましい。これと同様に、組織の変位についても二次元のベクトルとして表現するようにしてもよい、ちなみに、上述した原理を拡張して三次元のベクトルを求めることも可能である。すなわち、ストレインあるいはストレインレートについての三次元ベクトル、組織変位についての三次元ベクトルを求め、それらを空間的にあるいは任意断層画像上の矢印として表現するようにしてもよい。また、計測結果（ストレイン、ストレインレートなど）の表示に当たっては、計測点ごとの値をグラフ表示してもよく、その場合には、棒グラフ、折れ線グラフなどの表示形式を採用できる。あるいは、超音波画像（例えばBモード画像）上において、上記の計測結果の値に色を対応付けて色相変化により表現してもよい。

【0057】

次に、図5には、図1に示した歪み演算部36の構成が概念的に示されている。

【0058】

符号100は、変位演算部から出力される変位を表しており、その変位の情報はメモリ44に格納される。ここでは、メモリ44から出力された第1サンプル点の変位の情報が ξ_k （ $=\xi_1$ ）、で表され、メモリ44に輸入される第2サンプル点の変位の情報が ξ_{k+1} （第3サンプル点の場合には ξ_2 ）で表されている。すなわち、メモリ44の出力側及び

10

20

30

40

50

入力側から一定時間間隔における２つの変位が取得される。それらの情報は差分演算器４８に入力され、２つの変位の差分が演算される。第１サンプル点の変位と第２サンプル点の変位の差分が $\Delta \xi_k$ で表され、それが割り算器５２に入力され、第１サンプル点の変位と第３サンプル点の変位の差分が $\Delta \xi$ で表され、それが割り算器５０に入力されている。各差分演算は同一の回路又は別々の回路で実現してもよく、メモリ４４の構成についても各種のものを採用できる。

【００５９】

一方、符号１０２は制御信号を表しており、この制御信号１０２は制御部３０から出力されるものである。書き込み読み出し制御部４６は、その制御信号１０２に基づいてメモリ４４に対する情報の書き込み及び読み出しの制御を行っている。またその制御信号１０２には、基準距離 r_0 （本実施形態では Δr ）、ビーム間の微小角度 $\Delta \theta$ 、サンプル点の深さ r が含まれており、割り算器５０においては、相対変位 $\Delta \xi$ を基準距離 r_0 で割ることにより、歪み ε_r が求められている。これは歪みのビーム方向成分に相当する。

【００６０】

また、割り算器５２においては、微小角度 $\Delta \theta$ 及びサンプル点の深さ r が入力されており、上記の（１０）式の演算を実行することにより、歪み ε_t が求められている。これは直交成分に相当する。

【００６１】

以上のような動作が各基準サンプル点ごとに時分割で実行され、すなわち各基準サンプル点ごとにストレインのビーム方向成分及び直交方向成分が求められる。もちろん、ストレインレートを求める場合には、いずれかの段階において時間微分回路を設ければよく、そのような演算は容易である。そのようなストレインレートについてもビーム方向成分及び直交方向成分の両成分を求めることが可能である。

【００６２】

図６及び図７には、第２実施形態の構成が示されている。なお、各図において、第１実施形態に含まれる構成と同様の構成には同一符号を付し、その説明を省略する。

【００６３】

図６において、組織速度演算部６０は、組織ドプラ法に基づいて、各サンプル点の組織速度を演算する。組織速度演算部６０は、直交検波器、自己相関器などによって構成されてもよく、その場合には、走査面の全点について組織速度（平均速度）を求めることが可能である。組織変位・歪み演算部６２は、組織速度に基づいて組織変位を演算する機能と、各サンプル点の組織変位からストレイン及びストレインレートを演算する機能と、を有する。組織速度演算部６０及び組織変位・歪み演算部６２はハードウェアあるいはソフトウェアとして実現され、その動作は制御部３０によって制御されている。

【００６４】

図７には、図６に示した組織変位・歪み演算部６２の具体的な構成が概念的に示されている。図７に示す構成は、図５に示した構成と基本的に同一であるが、変位ベクトルを出力する機能が追加されている。メモリ４４の使い方については、図５の構成と図７の構成とで若干の相違があるが、機能は実質的に同一である。

【００６５】

積分器６６は、以下の（１２）式に示すように、入力される組織速度（組織速度のビーム方向成分） v の時間積分により変位（変位のビーム方向成分） ξ を演算する。ここで積分期間は所定値又は任意に設定できる。

【数１１】

$$\xi_k(r) = \int_1^2 V_k(r) dt \quad \dots (12)$$

【００６６】

メモリ４４には、各サンプル点ごとの変位 ξ が格納される。差分器４８は、直交成分を

求めるために、第1サンプル点の変位と第2サンプル点の変位の差分を演算する機能と、ビーム方向成分を求めるために、第1サンプル点の変位と第3サンプル点の変位の差分を演算する機能と、を有する。

【0067】

割り算器50は、第1サンプル点の変位と第3サンプル点の変位の差分を基準距離としての Δr で規格化することにより、ストレインのビーム方向成分 ε_r を演算する。割り算器52は、上記(10)式に従って第1サンプル点の変位と第2サンプル点の変位の差分を $r \Delta \theta^2$ で割ることによって、ストレインのビーム直交成分 ε_t を演算する。ビーム方向成分 ε_r とビーム直交成分 ε_t によりストレインベクトルが構成される。なお、メモリ44の出力側から、第1サンプル点の変位のビーム方向成分が取り出され、差分器48の出力側から変位の差分が取り出され、上記(9)式に従って差分を割り算器64において $\Delta \theta$ で割ることにより、ビーム直交成分 η が取り出される。それらによって変位ベクトルが構成される。

【0068】

上記の第1実施形態では、エコトラッキング法を利用しているために、組織変位を高精度に計測でき、よってストレイン等の演算精度を向上できる。上記の第2実施形態では、組織ドブラ法を利用しているために、多数点でストレインを同時に求めるような場合に有利である。

【0069】

なお、上記各実施形態については各種の変形が可能であり、例えば、第1ビーム方位上の第1サンプル点の組織速度と第2ビーム方位上の第2サンプル点の組織速度の差 Δv （速度勾配）を、第1ビーム方位と第2ビーム方位の角度差の二乗 $\Delta \theta^2$ 及びそれらサンプル点の深さ r で割ってストレインレートのビーム直交成分を求めることも可能である。さらに、それを時間積分してストレインのビーム直交成分 ε_t を求めることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】超音波画像上におけるサンプル点の指定を説明するための図である。

【図2】超音波画像上におけるより多くのサンプル点の指定を説明するための図である。

【図3】ビーム方向成分と直交方向成分とを説明するための図である。

【図4】第1実施形態に係る超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【図5】図4に示す歪み演算部の構成例を示す概念図である。

【図6】第2実施形態に係る超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

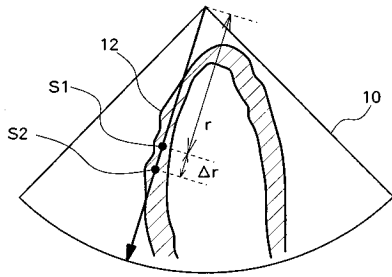
【図7】図6に示す組織変位・歪み演算部の構成例を示す概念図である。

【符号の説明】

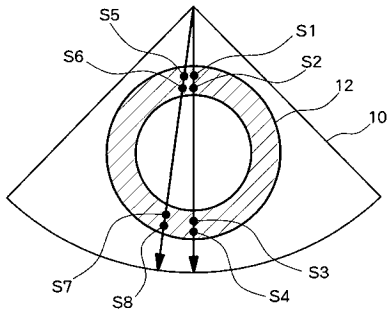
【0071】

14 走査面、20 プローブ、26 送信部、28 受信部、30 制御部、34 変位演算部、36 歪み演算部、40 画像表示処理部、60 組織速度演算部、62 組織変位・歪み演算部、66 積分器。

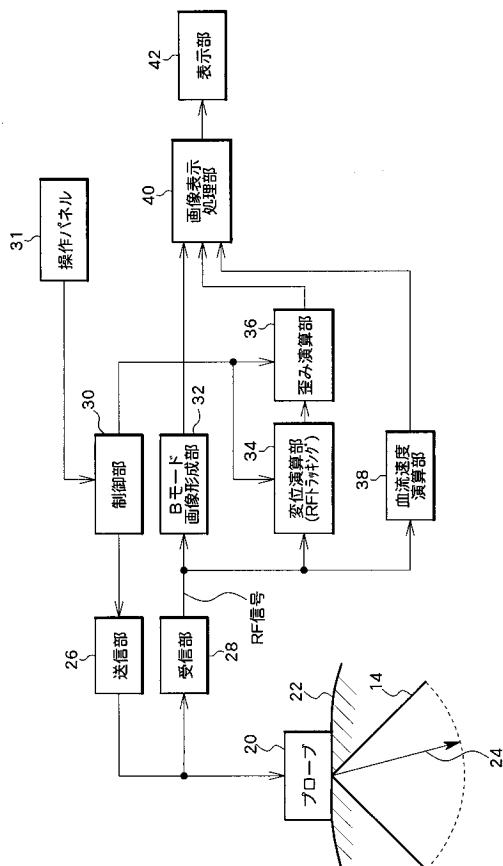
【図 1】



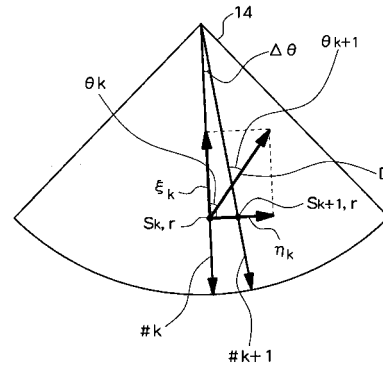
【図 2】



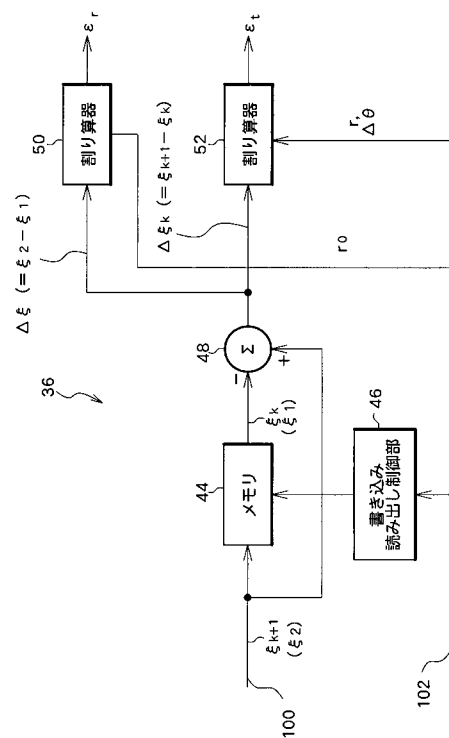
【図 4】



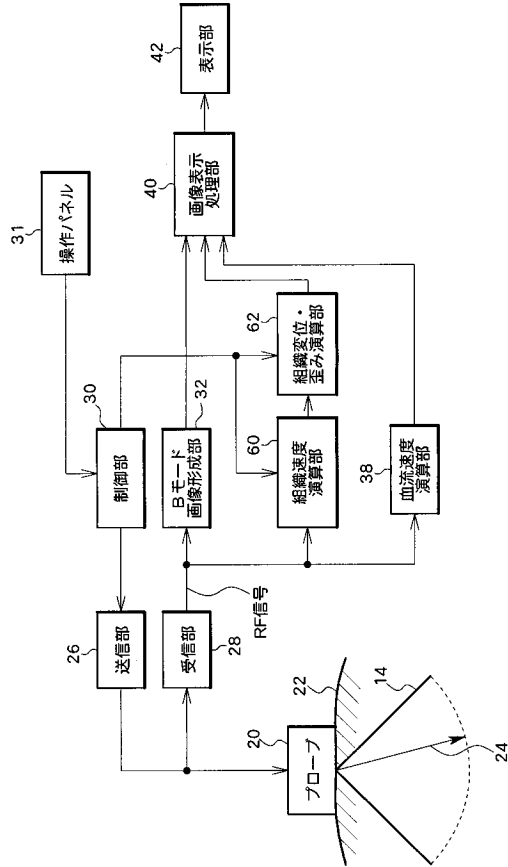
【図 3】



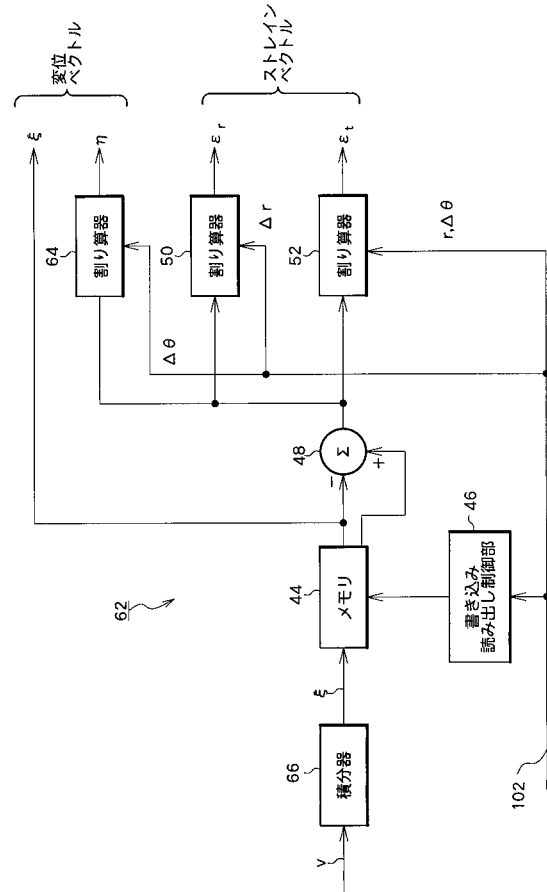
【図 5】



【図 6】



【図 7】



专利名称(译)	超声诊断设备		
公开(公告)号	JP2005152192A	公开(公告)日	2005-06-16
申请号	JP2003393562	申请日	2003-11-25
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
[标]发明人	原田烈光 冈田孝		
发明人	原田 烈光 冈田 孝		
IPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/DD15 4C601/DD19 4C601/DE03 4C601/EE09 4C601/JB37 4C601/JB45 4C601/JB46 4C601/KK12 4C601/KK17		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：在超声诊断设备中获得诸如组织变形（应变）的信息的正交波束分量。一个光束上的第一个采样点 S_k, r 和另一个光束上的第二个采样点 S_{k+1}, r 被设置在彼此相差一个非常小的角度 $\Delta\theta$ 的两个光束上，设置 $k+1, r$ 。对于每个采样点，使用回波跟踪方法或组织多普勒方法计算组织位移，并且根据它们之间的差异来计算应变的波束正交分量。还根据第一样本点的组织位移和在同一束上设置的第三样本点的组织位移来计算应变的束方向分量。点域

