

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 52695

(P2003 - 52695A)

(43)公開日 平成15年2月25日(2003.2.25)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコード* (参考)

A 6 1 B 8/06

A 6 1 B 8/06

4 C 3 0 1

G 0 6 T 1/00

290

G 0 6 T 1/00

D

5 B 0 5 7

7/00

7/00

G

5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12数)

(21)出願番号 特願2001 - 242191(P2001 - 242191)

(22)出願日 平成13年8月9日(2001.8.9)

(71)出願人 800000024

北海道ティー・エル・オー株式会社

北海道札幌市北区北7条西2丁目8番地1

(72)発明者 山田 聡

北海道札幌市東区北8条東16丁目1番23号

エスペランサ201号

(72)発明者 北畠 顕

北海道札幌市中央区北5条西29丁目1番1号

宮の森グランドハイツ409号

(74)代理人 100114638

弁理士 中野 寛也

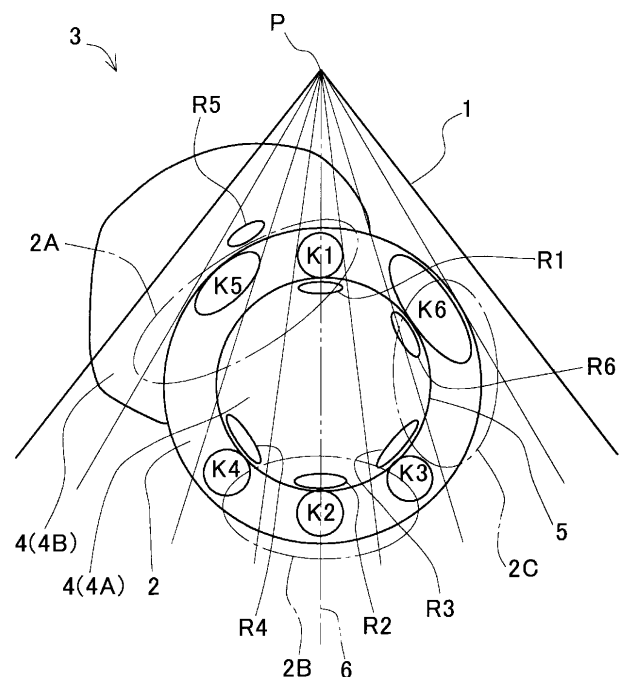
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波画像解析方法およびその装置、並びにプログラム

(57)【要約】

【課題】 心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いて各観察部位における心筋血液量の測定を精度よく行うことができる超音波画像解析方法およびその装置、並びにプログラムを提供すること。

【解決手段】 超音波画像3を用いて画像解析を行う際に、超音波画像3上で心筋観察部位K1～K6の近傍に各部位K1～K6と対をなす心腔内参照部位R1～R6を設定し、心筋観察部位K1～K6についての心筋2の輝度および心腔内参照部位R1～R6についての心腔内血液の輝度を計測した後、心腔内血液の輝度に対する心筋2の輝度の比に基づき、入射超音波の音圧の不均一性に起因する各観察部位における輝度の差異を補正して心筋血液量を算出するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いて心筋血液量を測定するための画像解析を行う超音波画像解析方法であって、前記超音波画像上で前記心筋血液量の測定対象となる心筋観察部位を設定するとともに、この心筋観察部位の近傍に心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位を設定し、前記心筋観察部位についての前記超音波画像上の心筋の輝度を計測するとともに、前記心腔内参照部位についての前記超音波画像上の心腔内血液の輝度を計測した後、これらの計測により得られた前記心腔内血液の輝度に対する前記心筋の輝度の比に基づき、前記心筋観察部位の前記心筋血液量またはその指標値を算出することを特徴とする超音波画像解析方法。

【請求項 2】 心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いた心筋血液量の測定のための画像解析を行う超音波画像解析装置であって、前記超音波画像上に設定された前記心筋血液量の測定対象となる心筋観察部位についての前記超音波画像上の心筋の輝度を計測する心筋輝度計測手段と、前記心筋観察部位の近傍に設定されて前記心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位についての前記超音波画像上の心腔内血液の輝度を計測する血液輝度計測手段と、前記血液輝度計測手段で計測された前記心腔内血液の輝度に対する前記心筋輝度計測手段で計測された前記心筋の輝度の比に基づき前記心筋観察部位の前記心筋血液量またはその指標値を算出する心筋血液量算出手段とを備えたことを特徴とする超音波画像解析装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の超音波画像解析装置において、前記超音波画像上で前記心筋観察部位およびこれと対をなす前記心腔内参照部位を自動的に設定する対比部位自動設定手段を備えたことを特徴とする超音波画像解析装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の超音波画像解析装置において、前記対比部位自動設定手段は、放射状に入射される入射超音波によって形成される略扇形の前記超音波画像の頂点位置を通る同一ライン上で前記心筋観察部位およびこれと対をなす前記心腔内参照部位を設定する処理を含む構成とされていることを特徴とする超音波画像解析装置。

【請求項 5】 請求項 2 ～ 4 のいずれかに記載の超音波画像解析装置において、前記超音波画像の解析結果を画面表示する表示手段と、前記心筋血液量算出手段で算出された前記心筋観察部位の前記心筋血液量またはその指標値をこれらの大きさに応じて色分けして前記表示手段の画面上の前記心筋観察部位の該当位置に表示する色分け描画手段とを備えたことを特徴とする超音波画像解析装置。

【請求項 6】 心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いた心筋血液量の測定のための画像解析を行う

超音波画像解析装置として、コンピュータを機能させるためのプログラムであって、

前記超音波画像上に設定された前記心筋血液量の測定対象となる心筋観察部位についての前記超音波画像上の心筋の輝度を計測する心筋輝度計測手段と、前記心筋観察部位の近傍に設定されて前記心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位についての前記超音波画像上の心腔内血液の輝度を計測する血液輝度計測手段と、前記血液輝度計測手段で計測された前記心腔内血液の輝度に対する前記心筋輝度計測手段で計測された前記心筋の輝度の比に基づき前記心筋観察部位の前記心筋血液量またはその指標値を算出する心筋血液量算出手段とを備えたことを特徴とする超音波画像解析装置として、コンピュータを機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いて心筋血液量を測定するための画像解析を行う超音波画像解析方法およびその装置、並びにプログラムに係り、例えば、心筋梗塞等による障害心筋のバイアビリティーの評価を行う際などに利用できる。

【0002】

【背景技術】従来より、心筋梗塞等による障害心筋のバイアビリティー（「生存能」等と称されることもある。）を評価するために、心筋シンチグラフィによる心筋局所血液量の推定が行われてきた。

【0003】また、心筋シンチグラフィは、局所心筋の相対的な血液量を推定することしかできないため、心筋が全体的に障害を抱えている可能性のある症例においては、PET（positron emission tomography）を用いて局所心筋血液量の絶対値を推定する方法も確立されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述した心筋シンチグラフィやPETといった核医学検査法は、装置の導入や維持、並びに検査に使用する核種に高額な費用を要するという問題があり、また、被検者に対する被爆性があるという問題、さらには検査に比較的長時間を要するという問題があり、特に、費用面では現在の厳しい医療財政を逼迫させる要因となり、大きな問題となっている。

【0005】また、心筋血液量の絶対値を推定可能であるPETは、さらに高額な費用を要するため、その装置は全国でもごく限られた施設にしか導入されていない。そして、PETを用いて心筋血液量を測定できる方法は、 H_2O -PET（水PET）という方法であるが、この方法は、PETの装置を保有している施設の中でも限られた施設でしか行うことができない。従って、心筋血液量を測定するにあたって、PETは、広く一般に普

及させて普遍的に使用するには適さない方法である。

【0006】一方、最近になって末梢静脈から投与可能な超音波造影剤が開発され、臨床応用が可能となったことから、コントラストエコー法が臨床応用されつつある。消化器領域の肝臓腫瘍等の一部の分野では、既に臨床応用が普及しつつあり、循環器領域でも、心腔造影やドプラ信号の増強の目的で実地使用が行われている。さらに、コントラストエコー法を用いると、心筋に分布する造影剤からの反射超音波信号が同定できるため、心筋の血液灌流状態を評価する心筋コントラストエコー法が研究の対象となっている。

【0007】しかし、現時点では、様々な解決すべき問題点があるため、心筋コントラストエコー法による局所心筋血液量の定量的・半定量的評価は極めて困難であると言わざるを得ず、この方法は臨床応用の段階に入っていない。その最大の問題点は、各観察部位における入射超音波の音圧不均一である。そして、この音圧不均一の主たる原因は、使用する超音波造影剤自体による入射超音波の減衰である。つまり、超音波造影剤の存在部位に超音波を入射すると、造影剤で超音波が散乱してエネルギーの損失が生じるので、さらに超音波が先に進んで別の部位に入射される際には、その別の部位における入射超音波の音圧は、当初の音圧よりも下がっていることになり、これにより音圧不均一が生じる。

【0008】仮に、各観察部位における入射超音波の音圧が均一であるとすれば、各部位から反射されてくる超音波を受信した場合、その受信信号の強度は、それらの各部位における造影剤の密度に比例することになる。従って、受信信号の強度を反映する超音波画像の輝度を解析することにより、各観察部位における造影剤の密度、ひいては心筋血液量を相対的に評価することが可能である。

【0009】しかし、前述したように超音波減衰等により、各観察部位における入射超音波の音圧が異なるため、受信信号の強度から造影剤の密度、さらには心筋血液量を推定することはできない。このように、従来は、心筋コントラストエコー法による心筋血液量の相対的評価は不可能であった。

【0010】本発明の目的は、心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いて各観察部位における心筋血液量の測定を精度よく行うことができる超音波画像解析方法およびその装置、並びにプログラムを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いて心筋血液量を測定するための画像解析を行う超音波画像解析方法であって、超音波画像上で心筋血液量の測定対象となる心筋観察部位を設定するとともに、この心筋観察部位の近傍に心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位を設定し、心筋

観察部位についての超音波画像上の心筋の輝度を計測するとともに、心腔内参照部位についての超音波画像上の心腔内血液の輝度を計測した後、これらの計測により得られた心腔内血液の輝度に対する心筋の輝度の比に基づき、心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を算出することを特徴とするものである。

【0012】ここで、超音波画像上における心筋観察部位の設定および心腔内参照部位の設定は、コンピュータ・プログラムで自動的に行ってもよく、あるいは、入力手段（例えばキーボードやマウス等）を用いて人手により表示手段（例えば液晶ディスプレイやCRTディスプレイ等）の画面上で位置を指定することにより行ってもよい。

【0013】また、「心腔内血液の輝度に対する心筋の輝度の比に基づき」とは、心筋の輝度を心腔内血液の輝度で除した値（比の値）を用いて計算を行う趣旨である。なお、実質的にその比の値を用いた計算が行われればよい趣旨であり、心腔内血液の輝度および心筋の輝度をデシベル（dB）単位で計測した場合には、両者のデシベル値の差（心筋の輝度のデシベル値から心腔内血液の輝度のデシベル値を引いた値）をとればよい。

【0014】さらに、「心筋血液量またはその指標値」とは、心筋血液量そのものを示す値（例えば、 ml/cm^3 単位や ml/100g 単位の値等）のみならず、心筋血液量の大小を把握できるような心筋血液量の指標となる値（例えば、デシベル値等）を算出するようにしてもよい趣旨である。なお、本発明の説明において、単に心筋血液量の算出、推定、測定等というときは、指標値の算出、推定、測定等も含むものとする。

【0015】このような本発明においては、心筋観察部位の近傍に心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位を設定し、これらの各部位における心筋の輝度および心腔内血液の輝度を計測し、これらの計測により得られた心腔内血液の輝度に対する心筋の輝度の比に基づき、心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を算出する。この際、心筋観察部位における入射超音波の音圧と、これと対をなす心腔内参照部位における入射超音波の音圧とは、これらの各部位が近傍に位置することから、略等しいと考えることが可能である。

【0016】従って、従来のように超音波画像上で心筋のみの輝度を解析するのではなく、心筋の輝度と併せてその心筋の近傍の心腔内血液の輝度も考慮して解析を行うので、入射超音波の減衰の影響を排除し、各心筋観察部位における入射超音波の音圧不均一の問題を解消することが可能となる。このため、音圧補正が加えられた精度のよい心筋血液量の推定が可能となる。なお、以下においては、入射超音波の音圧の不均一性に起因する各観察部位における輝度の差異を補正すること、およびその方法を、「音圧補正（または補正）」および「音圧補正法（または補正法）」と簡略化して称することがある。

【0017】また、心筋コントラストエコー法で心筋血液量を測定することが可能となるので、核医学検査法に比べ、安価で広く普及している装置を使用し、ベッドサイドでも行うことができる短時間で、かつ、被爆のない安全な検査により、心筋梗塞等による心筋障害の程度の評価が可能となる。そして、臨床的には、心筋血液量から心筋バイアビリティーが推測可能であるため、心筋バイアビリティーの評価が行えるようになり、患者の予後予測、治療方針の決定、治療効果の判定に大いに役立つようになる。

【0018】さらに、複数の心筋観察部位がある場合、各心筋観察部位における入射超音波の音圧は不均一であっても、前述したように各心筋観察部位における入射超音波の音圧と、これらと対をなす各心腔内参照部位における入射超音波の音圧とは、それぞれ略等しいと考えられる。このため、心腔内血液における単位体積当たりの血液量は、いずれの心腔内参照部位においても 1 ml/cm^3 であることから、計測により心腔内血液の輝度に対する心筋の輝度の比が得られれば、各心筋観察部位における単位体積当たりの心筋血液量の絶対値がわかることになる。従って、心筋血液量を相対的に推定することしかできない心筋シンチグラフィでは、心筋が全体的に障害を抱えている症例での心筋障害の程度の評価は困難であったが、本発明で得られる心筋血液量の絶対値を用いることにより、これらの症例における心筋バイアビリティーのより正確な評価が可能となり、これらにより前記目的が達成される。

【0019】また、以上に述べた本発明の超音波画像解析方法を実現する装置として、次のような本発明の超音波画像解析装置を挙げることができる。

【0020】すなわち、本発明は、心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いた心筋血液量の測定のための画像解析を行う超音波画像解析装置であって、超音波画像上に設定された心筋血液量の測定対象となる心筋観察部位についての超音波画像上の心筋の輝度を計測する心筋輝度計測手段と、心筋観察部位の近傍に設定されて心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位についての超音波画像上の心腔内血液の輝度を計測する血液輝度計測手段と、血液輝度計測手段で計測された心腔内血液の輝度に対する心筋輝度計測手段で計測された心筋の輝度の比に基づき心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を算出する心筋血液量算出手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0021】このような本発明においては、心筋コントラストエコー法で心筋血液量を精度よく測定することが可能となり、前述した超音波画像解析方法による作用・効果を実現することが可能である。

【0022】また、前述した超音波画像解析装置において、超音波画像上で心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を自動的に設定する対比部位自動設定手

段を備えていることが望ましい。

【0023】このように対比部位自動設定手段を設けた場合には、心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位の設定が、コンピュータ・プログラムで自動的に行われるので、入力手段（例えばキーボードやマウス等）を用いて人手により表示手段（例えば液晶ディスプレイやCRTディスプレイ等）の画面上で位置を指定することにより行う場合に比べ、各部位を迅速に設定することが可能となり、解析およびその解析結果に基づく診断や評価等の迅速化や円滑化が図られるうえ、装置の操作者の手間を軽減することが可能となる。

【0024】また、上記のように対比部位自動設定手段を設けた場合において、対比部位自動設定手段は、放射状に入射される入射超音波によって形成される略扇形の超音波画像の頂点位置を通る同一ライン上で心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を設定する処理を含む構成とされていることが望ましい。

【0025】ここで、「処理を含む」とは、少なくとも一対の心筋観察部位および心腔内参照部位が同一の放射ライン上に設定されればよい趣旨であり、複数対の心筋観察部位および心腔内参照部位を設定する場合には、必ずしも全ての対がそれぞれ同一の放射ライン上に設定される必要はなく、例えば、側壁心筋における心筋観察部位については、これと対をなす心腔内参照部位は、同一の放射ライン上ではなく、少し内側の放射ライン上に設定するようにしてもよい趣旨である。

【0026】このように同一の放射ライン上で心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を設定するようにした場合には、通過経路での入射超音波の減衰が同程度に起こっているため、その放射ライン上の心筋観察部位に対し、入射超音波の音圧が、より等しい心腔内参照部位を選択することが可能となり、心筋血液量の測定を、より一層精度よく行うことができるようになる。

【0027】さらに、以上に述べた超音波画像解析装置において、超音波画像の解析結果を画面表示する表示手段と、心筋血液量算出手段で算出された心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値をこれらの大きさに応じて色分けして表示手段の画面上の心筋観察部位の該当位置に表示する色分け描画手段とを備えていることが望ましい。

【0028】ここで、表示手段としては、例えば、液晶ディスプレイ、CRTディスプレイ、プロジェクタおよびスクリーン、あるいはこれらの組合せ等を採用することができる。

【0029】このように色分け描画手段を設けた場合には、超音波画像の解析結果が容易に把握できるようになり、解析結果に基づく診断や評価等の迅速化や円滑化が、より一層図られる。

【0030】そして、本発明は、心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いた心筋血液量の測定のため

10

20

30

40

50

の画像解析を行う超音波画像解析装置として、コンピュータを機能させるためのプログラムであって、超音波画像上に設定された心筋血液量の測定対象となる心筋観察部位についての超音波画像上の心筋の輝度を計測する心筋輝度計測手段と、心筋観察部位の近傍に設定されて心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位についての超音波画像上の心腔内血液の輝度を計測する血液輝度計測手段と、血液輝度計測手段で計測された心腔内血液の輝度に対する心筋輝度計測手段で計測された心筋の輝度の比に基づき心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を算出する心筋血液量算出手段とを備えたことを特徴とする超音波画像解析装置として、コンピュータを機能させるためのものである。

【0031】なお、以上に述べた本発明のプログラムまたはその一部は、光磁気ディスク(MO)、コンパクトディスク(CD)を利用した読出し専用メモリ(CD-ROM)、CDレコーダブル(CD-R)、CDリライタブル(CD-RW)、デジタル・バーサタイル・ディスク(DVD)を利用した読出し専用メモリ(DVD-ROM)、DVDを利用したランダム・アクセス・メモリ(DVD-RAM)、フレキシブルディスク(FD)、磁気テープ、ハードディスク、読出し専用メモリ(ROM)、ランダム・アクセス・メモリ(RAM)等の記録媒体に記録して保存や流通等させることが可能であるとともに、ローカル・エリア・ネットワーク(LAN)、メトロポリタン・エリア・ネットワーク(MAN)、ワイド・エリア・ネットワーク(WAN)、インターネット、イントラネット、エクストラネット等の有線ネットワーク、あるいは無線通信ネットワーク、さらにはこれらの組合せ等の伝送媒体を用いて伝送することが可能であり、また、搬送波に載せて搬送することも可能である。さらに、以上に述べたプログラムは、他のプログラムの一部分であってもよく、あるいは別個のプログラムと共に記録媒体に記録されていてもよい。

【0032】

【発明の実施の形態】以下に本発明の一実施形態を図面に基いて説明する。図1には、本実施形態の超音波画像解析装置20の全体構成が示されている。図2は、探触子から放射状に発射された超音波1を心筋2に当てて得られる超音波画像3の模式図である。図3には、音圧補正をした心筋血液量マッピングが示されている。

【0033】図1において、超音波画像解析装置20は、コンピュータにより構成され、超音波診断装置10を用いて得られた心筋コントラストエコー法による超音波画像3について画像解析を行い、心筋血液量を測定する装置である。ここで、心筋コントラストエコー法とは、末梢静脈から微小気泡で形成された超音波造影剤を投与して全身の血液の中に均等に拡散させておき、この状態で心筋2に超音波を照射し、血液中に入り込んだ造影剤でその入射超音波を反射(散乱)させることによ

り、造影剤から反射されてきた超音波の強さに応じた輝度の画像3を描く方法である。超音波診断装置10は、このような超音波画像3を描いて診断等を行う装置である。

【0034】超音波画像解析装置20は、画像解析に必要な各種情報の入力操作を行う入力手段21と、画像解析に必要な各種処理を行う処理手段30と、画像解析結果を画面表示する表示手段22と、画像解析結果を印刷する出力手段23と、装置20内に取り込んだ超音波画像3を記憶する超音波画像記憶手段24とを備えている。

【0035】入力手段21としては、例えば、マウス、キーボード、トラックボール、ライトペン、トラックパッド、トラックポイント、タブレットおよびスタイラス、ジョイスティック、音声認識装置、あるいはこれらの組合せ等、各種のものを採用することができる。

【0036】表示手段22としては、例えば、液晶ディスプレイ、CRTディスプレイ、プロジェクタおよびスクリーン、あるいはこれらの組合せ等を採用することができる。また、出力手段23としては、例えばプリンタやプロッタ等を採用することができる。

【0037】超音波画像記憶手段24としては、例えば、ハードディスク、ROM、RAM、MO、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、FD、磁気テープ、あるいはこれらの組合せ等を採用することができる。

【0038】処理手段30は、超音波診断装置10を用いて得られた超音波画像3を装置20内に取り込む超音波画像取込手段31と、超音波画像3上で心筋2と心腔(心腔)4との境界を設定する境界設定手段32と、超音波画像3上で心筋観察部位(例えば、図2の部位K1~K6等)およびこれらと対をなす心腔内参照部位(例えば、図2の部位R1~R6等)を自動的に設定する対比部位自動設定手段33と、超音波画像3上で心筋観察部位を指定する心筋観察部位指定手段34と、超音波画像3上で心腔内参照部位を指定する心腔内参照部位指定手段35とを備えている。

【0039】また、処理手段30は、超音波画像3上に設定された心筋観察部位についての超音波画像3上の心筋2の輝度を計測する心筋輝度計測手段36と、心腔内参照部位についての超音波画像3上の心腔4の輝度(つまり、心腔内血液の輝度)を計測する血液輝度計測手段37と、血液輝度計測手段37で計測された心腔4の輝度に対する心筋輝度計測手段36で計測された心筋2の輝度の比に基づき心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を算出する心筋血液量算出手段38と、心筋血液量算出手段38で算出された心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値をこれらの大きさに応じて色分けして表示手段22の画面上の心筋観察部位の該当位置に表示する色分け描画手段39とを備えている。

【0040】超音波画像取込手段31は、超音波診断装置10を用いて得られた超音波画像3を、例えばネットワーク等を介してオンラインで、または、例えばFDやMO等の記録媒体を用いて超音波画像解析装置20内に取り込むものである。

【0041】境界設定手段32は、超音波画像3上で心筋2と内腔4との境界を設定して境界線5を引くものである。この境界設定手段32による境界の設定は、次のように行われる。すなわち、先ず最初に、操作者が入力手段21を用い、超音波画像3上で、ある程度以上輝度の高い部分を選択することにより、内腔の一部分を閉曲線で囲み、続いて、輝度の閾値を徐々に下げることにより、この閉曲線を徐々に広げるようにして心筋2と内腔4との境界に近づけていき、略一致したところで、その閉曲線を境界線5とする。そして、以上のような自動認識により設定された境界線5は、必要に応じて手動により補正できるようになっている。なお、右心室と左心室とでは、右心室の方が探触子に近いことから、右心室の内腔4Aの方が左心室の内腔4Bよりも輝度が高いので、最初に輝度の最も高い部分を選択した場合には、最初に閉曲線で囲まれるのは、右心室の内腔4Aの一部分ということになる。

【0042】対比部位自動設定手段33は、超音波画像3上で、心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を、一対または複数対自動的に設定するものであり、何対設定するかは、選択できるようになっている。図2の例では、6つの心筋観察部位K1, K2, K3, K4, K5, K6およびこれらと対をなす6つの心腔内参照部位R1, R2, R3, R4, R5, R6が設定されている。心筋観察部位は、心筋血液量の測定対象となる部位である。一方、心腔内参照部位は、心筋観察部位の近傍に設定される部位であり、その心筋観察部位における心筋血液量について、入射超音波の音圧補正を行うために参照されるものである。また、これらの心筋観察部位および心腔内参照部位は、点ではなく、ある程度の面積を持った領域として設定され、輝度は、その領域の平均値として計測される。

【0043】対比部位自動設定手段33で行われる処理には、図2のように放射状に入射される入射超音波1によって形成される略扇形の超音波画像3の頂点位置P（探触子を当てる位置に相当する位置）を通る同一ライン上で心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を設定する処理が含まれる。例えば、図2の例では、心筋2のうち中隔壁2Aの上部に位置する心筋観察部位K1およびこれと対をなす心腔内参照部位R1、あるいは心筋2のうち後壁2Bに位置する心筋観察部位K2およびこれと対をなす心腔内参照部位R2は、図2中の二点鎖線で示された同一の放射ライン6上に設定されている。また、心筋観察部位K3およびこれと対をなす心腔内参照部位R3、並びに心筋観察部位K4およびこれと

対をなす心腔内参照部位R4も、それぞれ同一の放射ライン上に設定されている。そして、これらの心筋観察部位K1～K4および心腔内参照部位R1～R4の各対は、全て境界設定手段32で設定された心筋2と内腔4Aとの境界線5と、放射ラインとの交点の前後の位置に設定されている。

【0044】また、例えば、心筋2のうち中隔壁2Aの略中央に位置する心筋観察部位K5およびこれと対をなす心腔内参照部位R5は、同一の放射ライン上に設定されているものの、心腔内参照部位R5は、心筋観察部位K5の内側に位置する右心室の内腔4Aではなく、外側に位置する左心室の内腔4Bに設定されている。

【0045】一方、例えば、心筋2のうち側壁2Cに位置する心筋観察部位K6については、同一の放射ライン上に心腔内参照部位を設定することはできないので、このような場合には、少し内側の放射ライン上の近傍位置に心腔内参照部位R6を設定する。

【0046】心筋観察部位指定手段34は、操作者が超音波画像3を見ながら、表示手段22の画面上で入力手段21を用いて手動により心筋観察部位を指定するものである。また、心腔内参照部位指定手段35は、操作者が超音波画像3を見ながら、表示手段22の画面上で入力手段21を用いて手動により心腔内参照部位を指定するものである。これらの心筋観察部位指定手段34および心腔内参照部位指定手段35は、対比部位自動設定手段33による自動設定処理を行わない場合に、その処理に代えて機能させてもよく、あるいは対比部位自動設定手段33による自動設定処理と併用して機能させてもよい。

【0047】心筋血液量算出手段38は、次のような処理を行う。すなわち、先ず、心筋輝度計測手段36で計測された心筋2の輝度を、血液輝度計測手段37で計測された内腔4の輝度（心腔内血液の輝度）で除して、内腔4の輝度に対する心筋2の輝度の比を求める。この比の値は、内腔4に満たされている心腔内血液からの反射信号の音圧に対する、心筋2からの反射信号の音圧の比を表すものであり、さらに、この比の値を二乗したものが、2つの部位からの反射信号の強度（エネルギー）の比となる。ここで、心筋観察部位とその近傍の心腔内参照部位との2つの部位では、入射超音波の音圧は略等しいと考えることができる。従って、この2つの部位からの反射信号の強度（エネルギー）の比は、2つの部位における造影剤密度の比と等しい。そして、心腔内血液における単位体積当たりの血液量は、1ミリリットル毎立方センチメートル（ ml / cm^3 ）であることから、心腔内血液の造影剤密度に対する心筋2の造影剤密度の比に $1 \text{ ml} / \text{cm}^3$ を乗じたものが、単位体積当たりの心筋血液量となる。よって、超音波画像3上での輝度計測から算出された心腔内血液の輝度に対する心筋2の輝度の比の二乗（に1を乗じたもの）は、 ml / cm^3 単位

での心筋血液量を表すこととなる。

【0048】なお、超音波画像3上の輝度は、実際には受信信号の電圧を対数圧縮した数値を表すので、心腔内血液の輝度および心筋2の輝度をデシベル(dB)単位で計測し、両者の比を算出する代わりに、両者のデシベル値の差をとることで、心腔内血液の造影剤密度に対する心筋2の造影剤密度を知ることができる。

【0049】色分け描画手段39は、表示手段22の画面上に、図3に示すような心腔内血液量マッピングを行うものである。この色分け描画手段39により解析結果としてマッピングされる心腔内血液量は、心筋血液量算出手段38により算出された音圧補正を行った心腔内血液量である。

【0050】図3において、表示手段22の画面の左下部分には、図2の心筋2を模式化したドーナツ状の心筋表示部50が示されている。この心筋表示部50は、例えば、半径方向を2分割され、周方向を15分割され、合計で心筋2を30区画に分割している。各区画51には、心筋2のうち、各区画51に相当する位置の心筋観察部位における心筋血液量が、その値の大きさに応じて色分けして表示されている。なお、この区画数は、予め定められた固定数としてもよく、操作者が任意に選択できるものとしてもよいが、区画を細かくしすぎると値にばらつきが生じるので、ある程度の大きさの領域とすることが好ましい。

【0051】また、表示手段22の画面の右上部分には、心筋血液量の値の大きさと、その大きさを表現するための色彩との対応関係を示す対応関係表示部52が設けられている。心筋血液量の値の大きさは、デシベル(dB)値および $\text{ml} / 100 \text{g}$ (心筋100g当たり30のミリリットル値)で示されている。

【0052】以上の処理手段30を構成する各手段31~39は、コンピュータ本体(パーソナル・コンピュータのみならず、その上位機種のものも含む。)の内部に設けられた中央演算処理装置(CPU)、およびこのCPUの動作手順を規定する一つまたは複数のプログラムにより実現される。

【0053】このような本実施形態においては、以下のようにして超音波画像解析装置20により心筋コントラストエコー法による超音波画像3を用いて心筋血液量を測定するための画像解析を行う。

【0054】まず、超音波診断装置10により、心筋コントラストエコー法による超音波画像3を撮る。この際、超音波画像3は、1フレームだけを撮ってもよく、複数フレームを連続して撮ってもよい。本発明の音圧補正法によれば、フレーム間でのばらつきのない計測が可能となるので、1フレームだけでも、解析およびその解析結果に基づく診断や評価等を行うのに不都合はないが、複数フレームを撮ってその中から最も適切なフレームを選択することにより、より精度のよい解析および診

断や評価等を行うことができる。但し、処理の迅速化やコスト低減等を図る観点からは、少ないフレーム数とすることが好ましい。また、複数フレームを順次撮っていく際には、図示されない心電図と同期させることにより心電図でトリガーをかけ、心臓が同じ状態となるタイミングで撮っていくことが好ましい。例えば、6心拍に一回、一番収縮しきった状態となるタイミングで撮る等である。なお、微小気泡である超音波造影剤は、超音波が照射されると潰れてしまうので、6心拍程度待つことが好ましく、そうすることで新しい血液が入ってきて造影剤が補充されることになる。

【0055】次に、超音波画像解析装置20の超音波画像取手段31により、超音波診断装置10を用いて得られた超音波画像3の各フレームを装置20内に取り込み、超音波画像記憶手段24に記憶させる。

【0056】続いて、境界設定手段32により、超音波画像3上で心筋2と内腔4との境界線5を設定した後、対比部位自動設定手段33により、超音波画像3上で心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を自動的に設定する。また、対比部位自動設定手段33による自動の設定処理に代えて、または自動の設定処理とともに、心筋観察部位指定手段34および心腔内参照部位指定手段35により、超音波画像3上で心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を入力手段21を用いて手動により指定してもよい。

【0057】その後、心筋輝度計測手段36により、超音波画像3上に設定された心筋観察部位についての超音波画像3上の心筋2の輝度を計測するとともに、血液輝度計測手段37により、心腔内参照部位についての超音波画像3上の内腔4の輝度(つまり、心腔内血液の輝度)を計測する。

【0058】そして、心筋血液量算出手段38により、血液輝度計測手段37で計測された内腔4の輝度に対する、心筋輝度計測手段36で計測された心筋2の輝度の比に基づき、心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を算出する。さらに、色分け描画手段39により、心筋血液量算出手段38で算出された心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を、これらの大きさに応じて色分けして表示手段22の画面上の心筋観察部位の該当区画51に表示する(図3参照)。また、必要に応じて、出力手段23により、画像解析結果を印刷する。この印刷は、例えば、マイクロソフトエクセル(商標)のエクセルシート等の形で行ってもよい。

【0059】この際、心筋血液量算出手段38による算出結果、あるいは色分け描画手段39による図3の心筋表示部50への色分けのマッピングといった解析結果の解釈にあたっては、二通りの方法が考えられる。まず、第一の方法は、 ml / cm^3 単位で算出された各心筋観察部位の心筋血液量を相対的に比較し、临床上正常と思われる部位に対して障害部位での心筋血液量がどの程度

低下しているかを判断する方法である。次に、第二の方法は、健常例において本発明の超音波画像解析装置 20 を用いて算出された心筋血液量の正常値を決定した上で、 ml / cm^3 単位での心筋血液量の絶対値をそのまま用いて心筋梗塞等による心筋障害の程度を評価する方法である。なお、正常な心筋血液量は、約 $5 \text{ ml} / 100 \text{ g}$ と言われているので、心筋 1 g の体積を約 1 cm^3 と考えれば、正常値は概ね $0.05 \text{ ml} / \text{cm}^3$ となることが予想される。

【0060】このような本実施形態によれば、次のような効果がある。すなわち、心筋血液量算出手段 38 が設けられているので、心筋観察部位の近傍に心筋観察部位と対をなす心腔内参照部位を設定し、これらの各部位における心筋 2 の輝度および心腔内血液の輝度を計測すれば、これらの計測により得られた心腔内血液の輝度に対する心筋 2 の輝度の比に基づき、心筋観察部位の心筋血液量またはその指標値を算出することができる。

【0061】従って、従来のように超音波画像 3 上で心筋 2 のみの輝度を解析するのではなく、心筋 2 の輝度と併せてその心筋 2 の近傍の心腔内血液の輝度も考慮して解析を行うので、入射超音波の減衰の影響を排除し、各心筋観察部位における入射超音波の音圧不均一の問題を解消することができる。このため、音圧補正が加えられた精度のよい心筋血液量の推定を行うことができる。

【0062】また、心筋コントラストエコー法で心筋血液量を測定することができるので、核医学検査法に比べ、安価で広く普及している装置を使用し、ベッドサイドでも行うことができる短時間で、かつ、被爆のない安全な検査により、心筋梗塞等による心筋障害の程度を評価することができる。そして、臨床的には、心筋血液量から心筋バイアピリティーが推測できるため、心筋バイアピリティーの評価を行うことができ、患者の予後予測、治療方針の決定、治療効果の判定に大いに役立たせることができる。

【0063】さらに、複数の心筋観察部位がある場合、各心筋観察部位における入射超音波の音圧は不均一であっても、各心筋観察部位における入射超音波の音圧と、これらと対をなす各心腔内参照部位における入射超音波の音圧とは、これらの各部位が近傍に位置するので、それぞれ略等しいと考えられる。このため、心腔内血液における単位体積当たりの血液量は、いずれの心腔内参照部位においても $1 \text{ ml} / \text{cm}^3$ であることから、計測により心腔内血液の輝度に対する心筋の輝度の比が得られれば、各心筋観察部位における単位体積当たりの心筋血液量の絶対値を知ることができる。従って、心筋血液量を相対的に推定することしかできない心筋シンチグラフィでは、心筋が全体的に障害を抱えている症例での心筋障害の程度の評価は困難であったが、超音波画像解析装置 20 で得られる心筋血液量の絶対値を用いることにより、これらの症例における心筋バイアピリティーのより

正確な評価を行うことができる。

【0064】また、複数フレームの超音波画像 3 を連続して撮る場合、注意していても探触子の当て方が変わってしまう場合があり、また、被検者の呼吸のタイミングが異なることで、探触子に対する心臓や肺の位置がフレーム毎に異なり、心臓への超音波の入り方に相違が生じてしまう場合があるが、これらの場合であっても、心腔内血液の輝度も考慮して解析を行うので、音圧補正を行うことができる。このため、心筋 2 の輝度の解析における計測間での変動を抑えることができる。

【0065】そして、対比部位自動設定手段 33 が設けられているので、心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位の設定を、コンピュータ・プログラムで自動的に行うことができる。このため、入力手段 21 を用いて人手により表示手段 22 の画面上で位置を指定することにより行う場合に比べ、各部位を迅速に設定することができ、解析およびその解析結果に基づく診断や評価等の迅速化や円滑化を図ることができるうえ、装置 20 の操作者の手間を軽減することができる。

【0066】また、対比部位自動設定手段 33 は、同一の放射ライン上で心筋観察部位およびこれと対をなす心腔内参照部位を設定する処理を含むので、通過経路での入射超音波の減衰が同程度に起こっているため、その放射ライン上の心筋観察部位に対し、入射超音波の音圧が、より等しい心腔内参照部位を選択することができ、心筋血液量の測定を、より一層精度よく行うことができる。

【0067】さらに、色分け描画手段 39 が設けられているので、超音波画像 3 の解析結果を容易に把握でき、解析結果に基づく診断や評価等の迅速化や円滑化を、より一層図ることができる。

【0068】なお、本発明は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲内での変形等は本発明に含まれるものである。

【0069】すなわち、前記実施形態の超音波画像解析装置 20 は、超音波診断装置 10 とは別体のコンピュータにより構成され、超音波診断装置 10 により得られた超音波画像 3 を超音波画像取込手段 31 により取り込むようになっていたが、これに限定されるものではなく、本発明の超音波画像解析装置は、超音波診断装置が有する機能の一部として、超音波診断装置の中に含まれていてもよい。

【0070】

【実施例】本発明の効果を確かめるために、超音波画像解析装置 20 を用いて超音波画像 3 の解析実験を行い、本発明の音圧補正法による解析結果と、心筋 2 のみの輝度を解析する従来法による解析結果とを比較した。

【0071】[実験方法]

(1) 対象：健常若年男性 1 例

(2) 超音波診断装置：アジレント・テクノロジー社製

Sonos 5500, S3 探触子 (各商標)
 (3) 超音波造影剤: レボピスト (300 mg/ml)
 (商標) を 4 ml / 分で静脈内持続投与
 (4) 断面: 腱索レベル左室短軸断面
 (5) 画像モード: ハーモニック・パワー Doppler (送信
 1.3 MHz / 受信 2.6 MHz)
 (6) 収縮末期同期 1: 6 心拍で収集した連続 23 枚の
 フレームの超音波画像 3 の中隔壁 2 A (図 2 の心筋観察
 部位 K 1 および心腔内参照部位 R 1) および後壁 2 B
 (図 2 の心筋観察部位 K 2 および心腔内参照部位 R 2) の
 輝度 (デシベル値) を、本発明の音圧補正法と従来法
 とで算出した。

【0072】[実験結果] 実験結果を図 4 および図 5 に
 示す。図 4 および図 5 の縦軸には、輝度 (デシベル値)
 がとられ、横軸には、画像のフレーム番号がとられてい
 る。図 4 の一番上側の折れ線 60 は、中隔壁 2 A の内腔
 4 (図 2 の心腔内参照部位 R 1) の輝度を示し、上から
 二番目の折れ線 61 は、中隔壁 2 A の心筋 2 (図 2 の心
 筋観察部位 K 1) の輝度を示し、上から三番目の折れ線
 62 は、後壁 2 B の内腔 4 (図 2 の心腔内参照部位 R
 2) の輝度を示し、一番下側の折れ線 63 は、後壁 2 B
 の心筋 2 (図 2 の心筋観察部位 K 2) の輝度を示してい*

解析方法 部位	従来法 心筋 (dB)	本発明の音圧補正法 心筋-内腔 (dB)
中隔壁	25.6 ± 1.7	-11.4 ± 1.0
後壁	5.9 ± 1.8	-13.2 ± 1.2

【0075】また、23 枚のフレームの解析結果を集計
 した結果を表 1 に示す。各数値は、平均値 (Mean) ± 標
 準偏差 (Standard Deviation) で示されている。先ず、
 従来法による解析結果として、中隔壁 2 A の心筋 2 (図
 2 の心筋観察部位 K 1) の輝度の計測値が、25.6 ±
 1.7 (dB) となっており、これは、図 4 の折れ線 6
 1 を構成する数値の集計結果である。これに対し、本発
 明の音圧補正法による解析結果として、中隔壁 2 A の心
 筋 2 (図 2 の心筋観察部位 K 1) の輝度から中隔壁 2 A
 の内腔 4 (図 2 の心腔内参照部位 R 1) の輝度を引いた
 値が、-11.4 ± 1.0 (dB) となっており、これ
 は、図 5 の折れ線 70 を構成する数値の集計結果であ
 る。これらの結果を比較すると、本発明の音圧補正法
 の方が、従来法に比べ、標準偏差が小さく、計測間の値の
 ばらつきが抑えられていることがわかり、本発明の効果が
 顕著に示されている。

【0076】また、従来法による解析結果として、後壁
 2 B の心筋 2 (図 2 の心筋観察部位 K 2) の輝度の計測
 値が、5.9 ± 1.8 (dB) となっており、これは、
 図 4 の折れ線 63 を構成する数値の集計結果である。こ
 れに対し、本発明の音圧補正法による解析結果として、
 後壁 2 B の心筋 2 (図 2 の心筋観察部位 K 2) の輝度が

*る。また、図 5 の上側の折れ線 70 は、中隔壁 2 A の心
 筋 2 (図 2 の心筋観察部位 K 1) の輝度から中隔壁 2 A
 の内腔 4 (図 2 の心腔内参照部位 R 1) の輝度を引いた
 デシベル値を示し、下側の折れ線 71 は、後壁 2 B の心
 筋 2 (図 2 の心筋観察部位 K 2) の輝度から後壁 2 B の
 内腔 4 (図 2 の心腔内参照部位 R 2) の輝度を引いたデ
 シベル値を示している。

【0073】図 4 および図 5 の折れ線グラフの中には、
 心筋 2 の輝度が特に小さく出た第 4 フレームおよび特に
 大きく出た第 6 フレームの各数値が示されている。これ
 らの解析結果によれば、従来法のように心筋 2 の輝度を
 そのまま参照したのでは、各心筋観察部位間 (例えば、
 中隔壁 2 A と後壁 2 B との間) で値に大きなばらつきが
 生じるとともに、各計測間 (例えば、第 4 フレームと第
 6 フレームとの間) でも値に大きなばらつきが生じる
 が、本発明の音圧補正法を用いて心筋 2 の輝度から内腔
 4 の輝度を引いた値を参照すれば、略同じ数値となるの
 で、より精度よく心筋血液量を測定することができると
 がわかり、本発明の効果が顕著に示されている。

【0074】

【表 1】

ら後壁 2 B の内腔 4 (図 2 の心腔内参照部位 R 2) の輝
 度を引いた値が、-13.2 ± 1.2 (dB) となっ
 ており、これは、図 5 の折れ線 71 を構成する数値の集計
 結果である。これらの結果を比較すると、前述した中隔
 壁 2 A の場合と同様に、本発明の音圧補正法の方が、従
 来法に比べ、標準偏差が小さく、計測間の値のばらつき
 が抑えられていることがわかり、本発明の効果が顕著に
 示されている。

【0077】さらに、表 1 に示された各数値の平均値を
 見ると、従来法では、中隔壁 2 A (25.6 dB) と後
 壁 2 B (5.9 dB) とで値のばらつきがあるのに対
 し、本発明の音圧補正法では、中隔壁 2 A (-11.4
 dB) と後壁 2 B (-13.2 dB) とで値のばらつき
 が少ない。従って、本発明の音圧補正法の方が、従来法
 に比べ、各心筋観察部位間の値のばらつきが抑えられて
 いることがわかり、本発明の効果が顕著に示されてい
 る。

【0078】なお、内腔 4 は、全て血液で満たされ、そ
 の血液量は、100 ml / 100 g (1 ml / cm³)
 であり、一方、正常な心筋 2 の血液量は、5 ml / 10
 0 g (0.05 ml / cm³) であり、内腔 4 の血液量
 の 20 分の 1 と言われている。従って、理論的には、正

常な心筋 2 の輝度は、内腔 4 の輝度に対し、 - 13 dB となる。そして、心筋 2 が異常な場合、その血液量が 2 分の 1 に低下する毎に、この値は 3 dB ずつ低下することになり、例えば、 - 13 dB から 2 分の 1 に低下すれば - 16 dB となり、 - 13 dB から 4 分の 1 に低下すれば - 19 dB となる。

【0079】

【発明の効果】以上に述べたように本発明によれば、従来法のように心筋の輝度をそのまま参照するのではなく、心筋観察部位の近傍に設定した心腔内参照部位の血液の輝度も参照して画像解析を行うので、入射超音波の音圧の不均一性に起因する各観察部位における輝度の差異を補正することができるため、心筋コントラストエコー法による超音波画像を用いて各観察部位における心筋血液量の測定を精度よく行うことができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態の超音波画像解析装置の全体構成図。

【図 2】前記実施形態の探触子から放射状に発射された

超音波を心筋に当てて得られる超音波画像の模式図。

【図 3】前記実施形態の音圧補正をした心筋血液量マッピングを示す図。

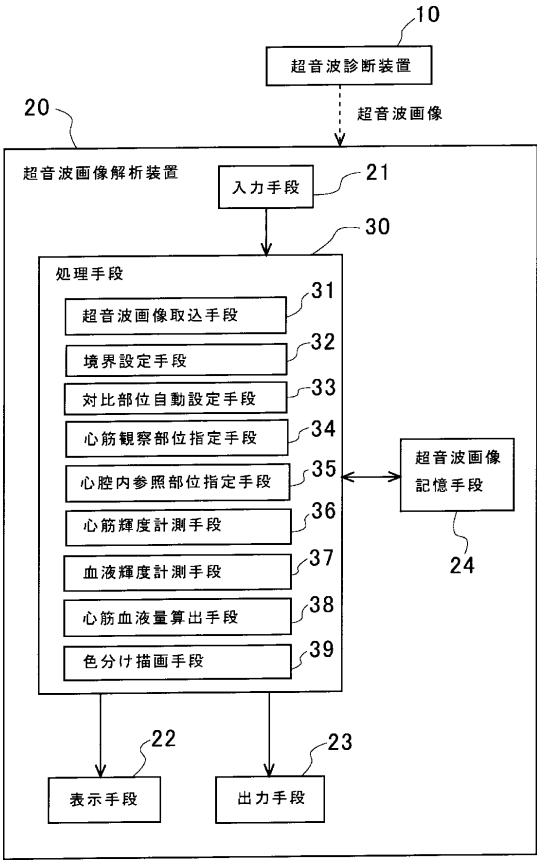
【図 4】本発明の超音波画像解析装置を用いた実験結果を示す折れ線グラフ（輝度の計測値）の図。

【図 5】本発明の超音波画像解析装置を用いた実験結果を示す折れ線グラフ（心筋 - 内腔）の図。

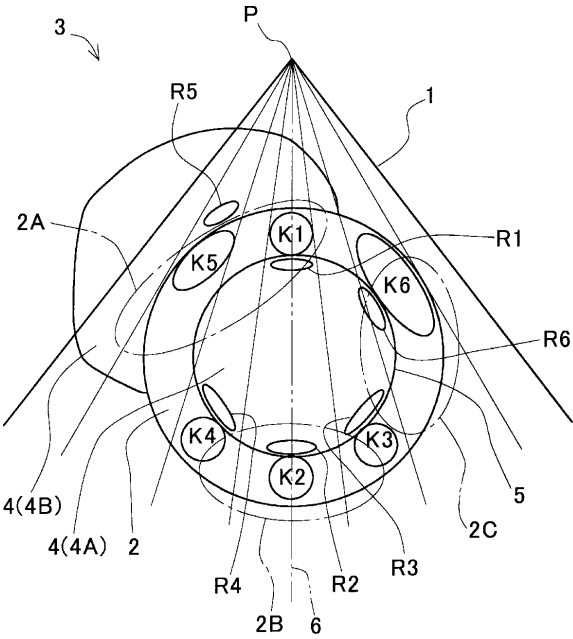
【符号の説明】

- 2 心筋
- 3 超音波画像
- 4 内腔（心腔）
- 20 超音波画像解析装置
- 22 表示手段
- 33 対比部位自動設定手段
- 36 心筋輝度計測手段
- 37 血液輝度計測手段
- 38 心筋血液量算出手段
- 39 色分け描画手段
- K1 ~ K6 心筋観察部位
- R1 ~ R6 心腔内参照部位

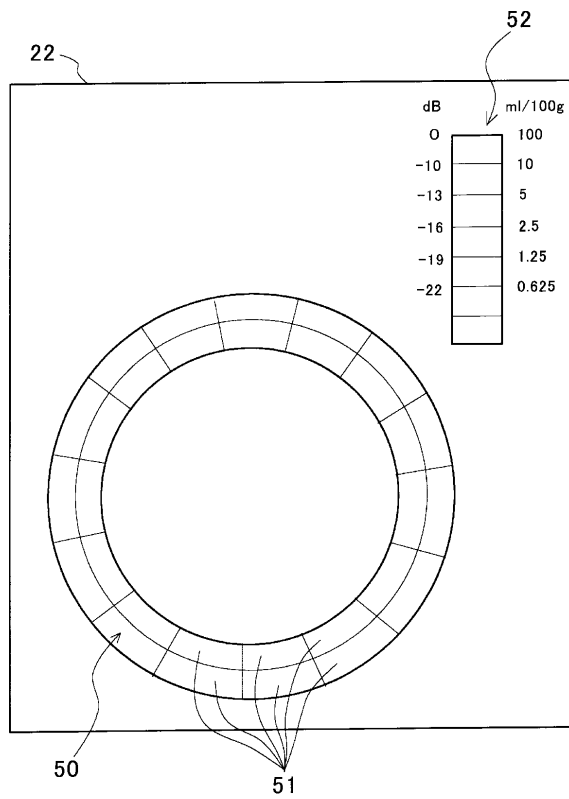
【図 1】



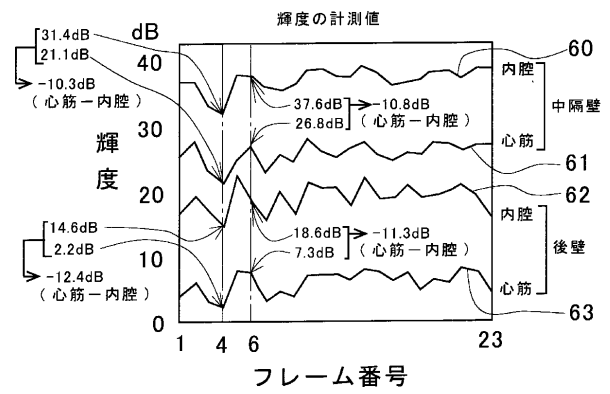
【図 2】



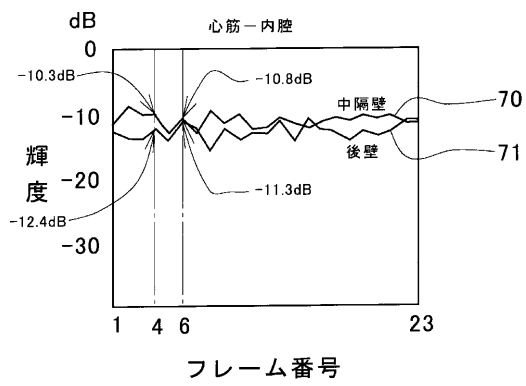
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4C301 AA02 BB02 DD01 DD07 EE11
JB17 JB23 JB27 JC08 KK02
LL04
5B057 AA07 BA05 BA24 CA08 CA12
CB01 CB08 CB12 CC04 CE16
CH01 CH11 DA08 DA16 DB02
DB05 DB09 DC16 DC22
5L096 AA03 AA06 BA06 CA12 CA24
DA01 DA02 FA06 FA14 GA38
LA05

专利名称(译)	超声图像分析方法，装置和程序		
公开(公告)号	JP2003052695A	公开(公告)日	2003-02-25
申请号	JP2001242191	申请日	2001-08-09
[标]申请(专利权)人(译)	北海道TLO		
申请(专利权)人(译)	北海道TLO有限公司		
[标]发明人	山田 聡 北畠 顕		
发明人	山田 聡 北畠 顕		
IPC分类号	A61B8/06 G06T1/00 G06T7/00		
FI分类号	A61B8/06 G06T1/00.290.D G06T7/00.G G06T7/00 G06T7/00.612		
F-TERM分类号	4C301/AA02 4C301/BB02 4C301/DD01 4C301/DD07 4C301/EE11 4C301/JB17 4C301/JB23 4C301/JB27 4C301/JC08 4C301/KK02 4C301/LL04 5B057/AA07 5B057/BA05 5B057/BA24 5B057/CA08 5B057/CA12 5B057/CB01 5B057/CB08 5B057/CB12 5B057/CC04 5B057/CE16 5B057/CH01 5B057/CH11 5B057/DA08 5B057/DA16 5B057/DB02 5B057/DB05 5B057/DB09 5B057/DC16 5B057/DC22 5L096/AA03 5L096/AA06 5L096/BA06 5L096/CA12 5L096/CA24 5L096/DA01 5L096/DA02 5L096/FA06 5L096/FA14 5L096/GA38 5L096/LA05 4C601/BB23 4C601/DD03 4C601/DD15 4C601/DD26 4C601/DD27 4C601/EE09 4C601/JB34 4C601/JB35 4C601/JB36 4C601/JB40 4C601/JB51 4C601/JB55 4C601/JC09 4C601/KK02 4C601/LL01 4C601/LL02 4C601/LL38		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波图像分析方法，一种装置和一种程序，该程序通过心肌对比度回波方法使用超声波图像测量待观察部位的心肌血液量。解决方案：在使用超声图像3的图像分析中，在心脏腔中与心肌观察部位K1至K6配对的控制部分R1至R6被设置在超声图像3上的位置K1至K6附近以及心肌的亮度。在图2中，对于心肌观察部分K1至K6，测量心腔中对照部位R1至R6的心腔血液亮度。此后，基于心肌2的亮度与心腔中血液的亮度的比率，校正归因于入射超声波的声压的不均匀性的各个观察部分之间的亮度差异，以计算心肌血量。

