

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5855804号  
(P5855804)

(45) 発行日 平成28年2月9日(2016.2.9)

(24) 登録日 平成27年12月18日(2015.12.18)

(51) Int.Cl.		F 1	
<b>A 6 1 B</b>	<b>8/14</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 8/14
<b>A 6 1 B</b>	<b>8/12</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 8/12

請求項の数 12 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2015-539985 (P2015-539985)	(73) 特許権者	000000376
(86) (22) 出願日	平成27年4月2日(2015.4.2)		オリンパス株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/060458		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
審査請求日	平成27年8月10日(2015.8.10)	(74) 代理人	100076233
(31) 優先権主張番号	特願2014-178308 (P2014-178308)		弁理士 伊藤 進
(32) 優先日	平成26年9月2日(2014.9.2)	(74) 代理人	100101661
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 長谷川 靖
早期審査対象出願		(74) 代理人	100135932
			弁理士 篠浦 治
		(72) 発明者	川島 知直
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内
		(72) 発明者	松井 祥一
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、超音波診断装置の作動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波により走査を行う超音波診断装置において、  
 2次元状に配列された超音波振動素子を含む超音波振動子と、  
 前記超音波振動子を駆動して、前記超音波を生成させて3次元空間内を走査するように送信させ、受信した前記超音波から前記3次元空間の超音波データを取得する走査部と、  
 前記超音波振動素子の駆動タイミングに係る遅延量を含む、前記走査部の走査条件を設定する走査条件設定部と、  
 前記3次元空間の前記超音波データから、前記3次元空間内の所定の切断面の超音波断層像を生成する断層像生成部と、  
 前記切断面を所望の位置に設定する切断面設定部と、  
 前記切断面設定部により設定された前記切断面に応じて、前記走査条件設定部が設定する前記走査条件を変更する制御を行う制御部と、  
 を備え、  
 前記制御部は、前記超音波振動子から前記切断面までの距離に応じて、前記超音波の焦点距離、または前記超音波の焦点深度を決定し、決定した前記焦点距離または前記焦点深度に基づき、前記遅延量を設定することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

前記制御部は、変更した前記走査条件に基づいて、前記走査部に前記超音波の走査を再度行わせるように制御し、

前記断層像生成部は、前記再度の走査により取得された超音波データに基づいて、前記切断面設定部により設定された前記切断面の前記超音波断層像を生成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 3】

前記切断面設定部は、前記送信される前記超音波の音軸に交差する切断面として前記切断面を所望の位置に設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 4】

前記制御部は、前記超音波振動子から見た前記切断面の向きに基づき、前記遅延量を設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】

前記制御部は、前記切断面を均等に分割した各点への走査が行われるように、前記遅延量を設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 6】

前記制御部により変更される前記走査条件は、前記超音波振動子に 2 次元状に配列された前記超音波振動素子の内の、前記超音波の送信または受信に係る前記超音波振動素子の配列範囲の条件を含む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 7】

前記切断面設定部は、前記断層像生成部が生成した前記切断面の前記超音波断層像上において、複数点、または、点および方向、を指定することにより直線を設定する直線設定部を含み、前記 3 次元空間内において、前記直線設定部により設定された前記直線の周りに前記切断面を回転して新たな前記切断面を設定することが可能であ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 8】

前記切断面設定部は、前記断層像生成部が生成した前記切断面の前記超音波断層像上において複数点を指定する指定部を含み、

前記複数点の座標に基づき、前記切断面の前記超音波断層像上における新たな点を算出する算出部と、

前記新たな点にマーカを付与して、前記マーカを前記切断面の前記超音波断層像に重畳するマーカ重畳部と、

をさらに備え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 9】

前記走査部は、複数の面スキャンにより前記 3 次元空間内を走査し、

前記切断面設定部は、さらに、前記面スキャンの走査面の何れかに第 2 の切断面を設定する第 2 の切断面設定部を備え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 10】

前記超音波振動素子の近傍に所定の角度で突出可能な針形状の処置具をさらに備え、

前記切断面設定部は、前記処置具の中心軸を含み、該中心軸周りに回転するように前記切断面を設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 11】

前記超音波振動素子の近傍に所定の角度で突出可能な針形状の処置具をさらに備え、

前記切断面設定部は、前記処置具の中心軸を含み、該中心軸に直交するように前記切断面を設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 12】

超音波により走査を行う超音波診断装置の作動方法において、

走査部が、2 次元状に配列された超音波振動素子を含む超音波振動子を駆動して、前記超音波を生成させて 3 次元空間内を走査するように送信させ、受信した前記超音波から前記 3 次元空間の超音波データを取得し、

走査条件設定部が、前記超音波振動素子の駆動タイミングに係る遅延量を含む、前記走査部の走査条件を設定し、

断層像生成部が、前記 3 次元空間の前記超音波データから、前記 3 次元空間内の所定の

10

20

30

40

50

切断面の超音波断層像を生成し、

切断面設定部が、前記切断面を所望の位置に設定し、

制御部が、前記切断面設定部により設定された前記切断面に応じて、前記走査条件設定部が設定する前記走査条件を変更する制御を行い、

前記制御部は、前記超音波振動子から前記切断面までの距離に応じて、前記超音波の焦点距離、または前記超音波の焦点深度を決定し、決定した前記焦点距離または前記焦点深度に基づき、前記遅延量を設定することを特徴とする超音波診断装置の作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波により走査を行う超音波診断装置と、超音波診断装置の作動方法と、に関する。

【背景技術】

【0002】

送受信方向を変化させる走査（スキャン）を行いながら、生体内へ超音波を送信して生体組織からの反射波を受信し生体の状態を画像として観察する超音波診断装置は、生体内の様子をリアルタイムで観察することができるために、近年では種々のものが提案され普及している。

【0003】

このような超音波診断装置を用いて例えば腫瘍を観察する場合に、細胞や組織を採取するための穿刺針、あるいは治療を行うための焼灼針などの処置具を使用することがあるが、このときに、腫瘍と処置具との位置関係や、処置具の周囲の生体の様子を確認することが望まれている。そこで、立体的に走査した超音波断層像からなるボリュームデータから、所望の切断面の画像を得る技術が提案されている。

【0004】

例えば、日本国特開2008-289858号公報には、3次元トリガスキャンにおける各種の走査条件、任意断面の位置や傾き、走査範囲を示す模型、およびこれらを設定・変更するための画面をモニタに表示して、入力装置により設定・変更する超音波診断装置及びその制御方法が記載されている。

【0005】

また、日本国特開2006-231035号公報には、胎児観察用の超音波診断装置において、予め収集された2次元画像から得られた情報に基づいて自動的に3次元の撮影条件を設定する技術が記載されている。

【0006】

そして、日本国特開2009-233197号公報には、乳がん検診装置において、プリスキャンで得られた2次元画像から乳房の中心位置のずれを算出し、この算出結果に基づいてプローブを移動させる制御を行う技術が記載されている。

【0007】

さらに例えば、日本国特開2007-175431号公報には、マトリクスアレイを搭載した超音波内視鏡を生体内へ挿入して、複数の一連の超音波断層像（以下、原画像）からなるボリュームデータを取得し、取得したボリュームデータに基づいて新たに生成した超音波断層像（以下、再構成像）の下で異常組織へ穿刺を行い生検をする超音波診断装置が記載されている。該公報に記載の技術では、術者が原画像上で点を指定すると、装置が、この指定点を基に穿刺針挿入軸たる直線を設定し、この直線を含むようにボリュームデータを切断する面を設定し、この切断面に対応する再構成像をボリュームデータから生成する。これにより、再構成像に穿刺針全体が描出されるために、術者は腫瘍等の関心領域内の適切箇所への穿刺針の到達を確認することが可能となり、腫瘍への到達率を向上し、ひいては生検成績を向上することができる。

【0008】

また、日本国特許4443672号公報には、体外式超音波プローブを接続する超音波

10

20

30

40

50

診断装置において上記日本国特開2007-175431号公報とほぼ同様の構成が記載されている。さらに該公報には、上記直線を含む上記切断面に加えて、上記直線に垂直（すなわち、穿刺針に垂直）な切断面を設定して、この切断面の再構成像を生成する技術が記載されている。

【0009】

ところで、生体組織に対する治療法として、高周波電磁波を出力する治療用処置具を用いて、異常組織内で熱を発生させて焼灼するエネルギー治療（RFA：Radio Frequency Ablation）がある。また、異常組織を凍結凝固するエネルギー治療（クライオ）もある。

【0010】

これらの治療では、治療用処置具が関心領域の適切箇所に到達しているか否かを確認したいだけでなく、さらに処置具周囲の所望範囲に治療が及んだか否かを確認したい場合が多い。また、処置具周囲において損傷させたくない血管や他臓器の存在を治療前に確認し、治療範囲との十分なマージンを確認したい場合もある。これらの場合にはボリュームデータ取得時の音軸を含む特定の切断面だけでなく、音軸に対して交差する種々の切断面（例えば、音軸に対して斜めや垂直の切断面など）で生成した再構成像でも確認可能となるようにすれば、確認精度を上げることができる。そして、上述した日本国特開2007-175431号公報および日本国特許4443672号公報に記載の技術では、こうした種々の切断面における再構成像を生成することが可能である。

10

【0011】

種々の切断面における再構成像を生成して観察可能とする技術の有用性は、上記治療の場合だけでなく、その他の用途においても認められる。

20

【0012】

しかし、切断面を再構成像で生成する場合には、超音波断層像の空間分解能が原画像よりも低下するという課題がある。これは例えば、以下に説明する理由（1）、（2）等による。

【0013】

（1）一般に、超音波断層像の空間分解能は、ビーム間隔とサンプリング間隔とを除けば、超音波パルス幅とビーム径との両者により決定されるが、再構成像の場合には、通常、ビーム径の方が空間分解能の低下への寄与度が大きい。これは、再構成像が音軸に対して垂直に近い傾きになるほど、再構成像の空間分解能に対するビーム径の影響が増すことが理由である。

30

【0014】

（2）しかも、ボリュームデータ取得時の送信/受信開口やビーム焦点深度、焦点距離、焦点個数は、取得後に設定される切断面の位置や方向とは無関係に決まっており、再構成像に対してビーム径が最適化されている訳ではない。

【0015】

そのために、日本国特開2011-024827号公報には、揺動型のメカニカルプローブ、回転型のメカニカルプローブ、または2次元アレイプローブを採用して、何れかのプローブで予め撮像した三次元画像上において任意の切断面を指定すると、この切断面の超音波データを再度取得して切断面の2次元画像を生成する超音波診断装置が開示されている（該公報の例えば段落[0016]等参照）。この公報に記載の技術では、画質の劣化を伴わずに指定された切断面の画像を表示することが可能となる（該公報の例えば段落[0051]等参照）。

40

【0016】

しかし、上記日本国特開2011-024827号公報には、2次元アレイを用いた場合の切断面の指定方法や走査方法についての具体的な開示がない。また、揺動型、回転型の1次元アレイを用いたメカニカルプローブ指定方法や走査方法については開示があるが、揺動軸上もしくは回転軸上の一点に当たる「三次元画像の頂点」を通るように、すなわち1次元アレイを含むように、切断面を指定して走査している（該公報の例えば段落[0031]等参照）。このために、切断面が、1次元アレイを含まない切断面である場合、

50

例えば、音軸に対して斜めや垂直の切断面である場合には、1次元アレイを含む切断面の場合のような「画質の劣化を伴わずに指定された切断面の画像を表示すること」ができなかった。こうして、上記従来の技術では上記(1)、(2)の理由を排除することができず、再構成像の空間分解能が原画像よりも低下するという課題を解決することができなかった。

【0017】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、音軸に交差する切断面に対応する超音波断層像の空間分解能を向上することができる超音波診断装置、超音波診断装置の作動方法を提供することを目的としている。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明のある態様による超音波診断装置は、超音波により走査を行う超音波診断装置において、2次元状に配列された超音波振動素子を含む超音波振動子と、前記超音波振動子を駆動して、前記超音波を生成させて3次元空間内を走査するように送信させ、受信した前記超音波から前記3次元空間の超音波データを取得する走査部と、前記超音波振動素子の駆動タイミングに係る遅延量を含む、前記走査部の走査条件を設定する走査条件設定部と、前記3次元空間の前記超音波データから、前記3次元空間内の所定の切断面の超音波断層像を生成する断層像生成部と、前記切断面を所望の位置に設定する切断面設定部と、前記切断面設定部により設定された前記切断面に応じて、前記走査条件設定部が設定する前記走査条件を変更する制御を行う制御部と、を備え、前記制御部は、前記超音波振動子から前記切断面までの距離に応じて、前記超音波の焦点距離、または前記超音波の焦点深度を決定し、決定した前記焦点距離または前記焦点深度に基づき、前記遅延量を設定する。

【0019】

本発明のある態様による超音波診断装置の作動方法は、超音波により走査を行う超音波診断装置の作動方法において、走査部が、2次元状に配列された超音波振動素子を含む超音波振動子を駆動して、前記超音波を生成させて3次元空間内を走査するように送信させ、受信した前記超音波から前記3次元空間の超音波データを取得し、走査条件設定部が、前記超音波振動素子の駆動タイミングに係る遅延量を含む、前記走査部の走査条件を設定し、断層像生成部が、前記3次元空間の前記超音波データから、前記3次元空間内の所定の切断面の超音波断層像を生成し、切断面設定部が、前記切断面を所望の位置に設定し、制御部が、前記切断面設定部により設定された前記切断面に応じて、前記走査条件設定部が設定する前記走査条件を変更する制御を行い、前記制御部は、前記超音波振動子から前記切断面までの距離に応じて、前記超音波の焦点距離、または前記超音波の焦点深度を決定し、決定した前記焦点距離または前記焦点深度に基づき、前記遅延量を設定する。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の実施形態1における超音波診断装置の構成を示す図。

【図2】上記実施形態1において、超音波振動素子アレイ面と切断面との位置関係を示す図。

【図3】上記実施形態1のモニタに表示される切断面Aの超音波断層像の例を示す図。

【図4】上記実施形態1のモニタに表示される切断面Bの超音波断層像の例を示す図。

【図5】上記実施形態1のモニタに表示される切断面C1の超音波断層像の例を示す図。

【図6】上記実施形態1のモニタに表示される切断面C2の超音波断層像の例を示す図。

【図7】上記実施形態1のモニタに表示される切断面C3の超音波断層像の例を示す図。

【図8A】上記実施形態1における超音波診断装置の作用を示すフローチャート。

【図8B】上記実施形態1の図8AのステップS14における切断面B回転処理の詳細を示すフローチャート。

【図8C】上記実施形態1の図8AのステップS16における切断面C移動処理の詳細を

10

20

30

40

50

示すフローチャート。

【図 9】上記実施形態 1 において、超音波振動素子アレイ面と切断面 B との位置関係を示す図。

【図 10】上記実施形態 1 において、超音波振動素子アレイ面と切断面 A との位置関係を示す図。

【図 11】上記実施形態 1 において、切断面 A 上における正規直交基底の回転を示す図。

【図 12】上記実施形態 1 において、切断面 B 上の任意点 P の超音波振動素子アレイ面への射影点 P' の位置を示す図。

【図 13】上記実施形態 1 において、切断面 C 上の任意点 Q の位置を示す図。

【図 14】上記実施形態 1 において、焦点距離に応じて超音波振動素子アレイの開口の大きさを变化させる際の関数形の例を示す線図。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0022】

[実施形態 1]

図 1 から図 14 は本発明の実施形態 1 を示したものであり、図 1 は超音波診断装置の構成を示す図である。なお、図 1 において、実線矢印により送信駆動信号、エコー信号、エコーデータ、および画像データの流れを、点線矢印によりカラーフロー関連信号およびカラーフロー関連データの流れを、2点鎖線矢印により切断面設定、超音波ビーム条件、ドップラ走査条件関連信号、およびドップラ走査条件関連データの流れを、それぞれ示している。

【0023】

この超音波診断装置は、超音波プローブたる超音波内視鏡 1 と、超音波観測装置 2 と、焼灼針 3 と、モニタ 4 と、コントロールパネル 5 と、マウス 6 と、を備えている。

【0024】

超音波内視鏡 1 は、被検体内に挿入される細長の挿入部の先端部 11 に、超音波振動子 12 を備えている。

【0025】

この超音波振動子 12 は、複数の超音波振動素子を 2 次元状に配列した 2 次元超音波振動素子アレイとして構成されている。ここに、2 次元超音波振動素子アレイにおける超音波振動素子の具体的な配列の一例としては、挿入方向に平行な振動素子列と挿入方向に垂直な振動素子列とでなる 2 次元平面状の配列が挙げられる（ただし後述するように、この配列に限定されるものではない）。

【0026】

そして、超音波振動子 12 の各超音波振動素子には、信号線 12s がそれぞれ接続されていて、各信号線 12s が超音波観測装置 2 へ接続されている。このような構成において、超音波振動素子を駆動するためのパルス状の送信駆動信号と、超音波振動素子からのエコー信号と、がこれらの信号線 12s を介して超音波観測装置 2 と超音波振動子 12 との間で送受されるようになっている。従って、超音波振動子 12 を構成する各超音波振動素子はそれぞれのタイミングや強度で駆動可能であり、このタイミング制御および強度制御により、超音波ビーム UB（図 2 参照）の方向（音軸の方向：ここに音軸は、1 方向の走査（スキャン）における超音波ビームの中心軸）や焦点深度などを調節できるようになっている。

【0027】

また、超音波内視鏡 1 の挿入部には焼灼針 3 や穿刺針等の処置具（以下では、焼灼針 3 を例に挙げて説明するが、これに限定されるものではない）を挿通するための鉗子チャンネル 13 が設けられている。そして、焼灼針 3 を鉗子チャンネル 13 に挿入すると、先端部 11 における鉗子チャンネル 13 の先端側開口から、焼灼針 3 が超音波振動子 12 による超音波走査範囲内に延出するようになっている。このとき、延出する焼灼針 3 の中心軸

10

20

30

40

50

が超音波内視鏡 1 の挿入部の挿入軸に対して所定の角度をなすように、鉗子チャンネル 1 3 が構成されている。さらに、鉗子チャンネル 1 3 は、後述するように切断面 A を y 軸（この y 軸は、挿入部の挿入軸方向に平行となるように設定される）周りに回転したとき（図 10 参照）に、何れかの切断面 A に焼灼針 3 の中心軸方向が描出されるように（図 3 参照）、超音波振動子 1 2 の超音波振動素子アレイ面 1 2 a（図 2 参照）との位置関係が設定されている。

【0028】

超音波観測装置 2 は、ドップラ走査条件算出回路 2 1 と、ドップラ処理回路 2 2 と、ビームフォーマ 2 3 と、遅延算出回路 2 4 と、入力回路 2 5 と、メモリ 2 6 と、グラフィック回路 2 7 と、バス 2 8 と、CPU 2 9 と、を備えている。

10

【0029】

CPU 2 9 は、超音波観測装置 2 を含むこの超音波診断装置全体を制御する制御部であり、必要な演算等を行う演算部ともなっている。この CPU 2 9 は、コントロールパネル 5 やマウス 6 を介して設定された切断面に関する情報、例えば切断面の中心位置ベクトルおよび切断面の法線ベクトルを、バス 2 8 を介して遅延算出回路 2 4 へ送信する。

【0030】

ここにバス 2 8 は、命令やデータ等を超音波観測装置 2 内のある場所から他の場所へ伝送する伝送路である。

【0031】

遅延算出回路 2 4 は、超音波振動素子アレイ面 1 2 a の送信開口寸法（超音波の送信に用いられる超音波振動素子の配列範囲（2次元配列数））、受信開口寸法（超音波の受信に用いられる超音波振動素子の配列範囲（2次元配列数））、切断面（後述する切断面 B または切断面 C 等）の送信開口中心からの距離に応じた焦点深度、焦点距離、周波数フィルタ、深度に応じた信号減衰の補償である STC（Sensitivity Time Control：センシティブティ・タイムコントロール）等を決定する走査条件設定部である。また、切断面に最適化した再走査を行う場合に、スライススキャンで行う場合とボリュームスキャンで行う場合とがあるが、ボリュームスキャンで行う場合には、遅延算出回路 2 4 は、さらにマルチフォーカスの焦点個数を決定する。そして、遅延算出回路 2 4 は、CPU 2 9 から指示された切断面において最も高い空間分解能が得られるような各超音波振動素子の駆動タイミングに係る遅延量を算出し、ビームフォーマ 2 3 へ送信する。

20

30

【0032】

ビームフォーマ 2 3 は、遅延算出回路 2 4 から受信した遅延量に基づいて、超音波振動素子アレイ面 1 2 a に配列されている各超音波振動素子への送信駆動信号を生成し、超音波振動子 1 2 へ送信する走査部である。

【0033】

また、ビームフォーマ 2 3 は、CPU 2 9 および遅延算出回路 2 4 の制御に基づき、超音波振動子 1 2 の複数の超音波振動素子からのエコー信号を受信して信号処理し、処理後の信号をメモリ 2 6 へ送信して記憶させる。本実施形態においては複数の超音波断層像を取得することにより被検体に対する 3 次元的な情報を取得するボリュームスキャンが行われるために、メモリ 2 6 には超音波ボリュームデータ（以下、単に「ボリュームデータ」という）が蓄積される。さらに、本実施形態においては後述するように切断面に最適化した再走査が行われるために、メモリ 2 6 には再走査で得られた切断面のスライスデータ、または切断面を含むボリュームデータが蓄積される。

40

【0034】

一方、ビームフォーマ 2 3 からの送信駆動信号とエコー信号との周波数変化の情報がドップラ処理部であるドップラ処理回路 2 2 へ送信される。ドップラ処理回路 2 2 は、ドップラ効果に基づき血流を描出する。

【0035】

ドップラ走査条件算出回路 2 1 は、ドップラ処理回路 2 2 のドップラ走査条件を設定するドップラ走査条件設定部である。このドップラ走査条件算出回路 2 1 は、入力回路 2 5

50

を介したユーザの入力設定に基づいて、例えばカラードップラモード（ただし、カラードップラモードに限定されるものではない）に関する走査条件を算出し、ドップラ処理回路 22 へ送信する。さらに、ドップラ走査条件算出回路 21 は、切断面設定部である CPU 29 により設定された切断面に応じてドップラ走査の条件を変更する。

【0036】

このとき、ドップラ走査条件算出回路 21 が設定する条件にはドップラ走査の繰り返し周波数が含まれる。ドップラ走査の繰り返し周波数の最大値は深度に応じて決まるために、後述する切断面 B または切断面 C 内の各点において繰り返し周波数の最大値をとり、ドップラ感度を上げてカラーフローマッピングの精度を向上することができる。

【0037】

ドップラ走査条件算出回路 21 により変更された条件で、走査部であるビームフォーマ 23 が 3 次元空間内、および / または切断面内を超音波ビームにより走査して新たな超音波ドップラデータを取得する。

【0038】

こうして、ドップラ処理部であるドップラ処理回路 22 は、取得された超音波ドップラデータ（あるいは、取得された新たな超音波ドップラデータ）から、例えば血流の流速に応じた色を割り当てたカラー画像を構成してメモリ 26 へ送信する。これにより、メモリ 26 にはカラードップラモード画像も蓄積される。

【0039】

グラフィック回路 27 は、メモリ 26 に記憶されたボリウムデータから超音波断層像を構成する断層像生成部である。さらにグラフィック回路 27 は、構成した超音波断層像に、例えばカラードップラモード画像を重畳して、表示部であるモニタ 4 へ出力する。これにより例えば液晶モニタ等で構成されるモニタ 4 には、モノクロの超音波断層像に、例えば血流が流速に応じた色で重畳されたカラードップラモードの画像が表示される。このとき、超音波断層像が切断面に応じて新たに取得された場合には、グラフィック回路 27 が、この新たな超音波断層像上に新たな超音波ドップラデータを重畳する。

【0040】

入力回路 25 は、操作部を構成するコントロールパネル 5 からの入力信号と、操作部を構成するマウス 6 からの入力信号とを受信する。

【0041】

コントロールパネル 5 は、切断面を所望の位置に設定するための切断面設定部（直線設定部、指定部を含む）であり、例えば、トラックボール 51 と、確定キー 52 と、切断面 A 選択スライダ 55 と、切断面 B 回転つまみ 56 と、切断面 C 移動スライダ 57 と、通電ボタン 58 と、終了ボタン 59 と、を含む各種の操作部材を備えている。

【0042】

トラックボール 51 および確定キー 52 は、例えば、図 3 に示すような矢印状をなすカーソル（ポインタともいう）の移動や、カーソルを用いた電極位置（後述するディンプルの位置）の指定などに用いられ、直線設定部および指定部を兼ねている。なお、トラックボール 51 および確定キー 52 を用いて行う各種の操作や設定を、マウス 6 およびマウス 6 に設けられている操作ボタンを用いて行うようにしても構わない。この場合には、マウス 6 も切断面を所望の位置に設定するための切断面設定部（直線設定部、指定部を含む）として機能することになる。

【0043】

切断面 A 選択スライダ 55 は、後述する切断面 A（図 3 等参照）を選択する切断面設定部としての操作部である。この切断面 A 選択スライダ 55 の操作により、図 10 に示す  $z$ - $y$  平面（図 10 における  $y$  軸は紙面手前方向）に対する切断面 A の角度  $\theta_y$  が入力値として設定される。

【0044】

切断面 B 回転つまみ 56 は、焼灼針 3 の中心軸周りに後述する切断面 B を回転させる切断面設定部としての操作部である。切断面 B は、焼灼針 3 の中心軸を含むように選択され

10

20

30

40

50



、この切断面 B 回転つまみ 5 6 の操作により、図 3 および図 9 に示す切断面 B の焼灼針 3 の中心軸周りの回転角度 が設定される。

【 0 0 4 5 】

切断面 C 移動スライダ 5 7 は、焼灼針 3 の中心軸に垂直な（ひいては、切断面 A および切断面 B に垂直な）後述する切断面 C を、焼灼針 3 の中心軸に沿って移動させる切断面設定部としての操作部である。切断面 C は、焼灼針 3 の中心軸が通る点を面の中心とするように選択され、この切断面 C 移動スライダ 5 7 の操作により、焼灼針 3 の中心軸に沿った切断面 C の平行な移動量 L（図 4 参照）が設定される。また、通電ボタン 5 8 は焼灼針 3 に通電を行うための操作部、終了ボタン 5 9 は治療完了時に全ての処理を終了するための操作部である。

10

【 0 0 4 6 】

次に、図 2 は、超音波振動素子アレイ面 1 2 a と切断面との位置関係を示す図である。

【 0 0 4 7 】

ここでは、超音波振動素子アレイ面 1 2 a が平面であるとして説明するが、後述するように、平面に限定されるものではない。

【 0 0 4 8 】

超音波振動子 1 2 の超音波振動素子アレイ面 1 2 a の中心を原点 O として、原点 O を通り超音波振動素子アレイ面 1 2 a に垂直な軸を z 軸、原点 O を通り超音波内視鏡 1 の挿入部の挿入軸方向に平行な軸を y 軸（図 9 参照）、原点 O を通り z 軸および y 軸に垂直な軸を x 軸として、右手系の正規直交座標系 O - x y z を設定するものとする。

20

【 0 0 4 9 】

そして、超音波振動素子アレイ面 1 2 a には、複数の超音波振動素子が 2 次元状に配列されていて、例えば x 軸方向および y 軸方向に行列状に配列されているものとする。

【 0 0 5 0 】

このとき、超音波ビーム UB の発生を、超音波振動素子アレイ面 1 2 a に配列された全ての超音波振動素子を用いて行うに限るものではなく、一部の特定領域（以下では、開口 1 2 b という）に配列された超音波振動素子群を用いて行うことがある。この開口 1 2 b として、例えば、一对の辺が x 軸に平行で他の一对の辺が y 軸に平行な矩形開口を用いるものとし、この開口 1 2 b の、x 軸方向の超音波振動素子数を  $x$ 、y 軸方向の超音波振動素子数を  $y$  により表すことにする。この開口素子数  $x$ 、 $y$  は、固定値であっても良いが、後述するように、焦点距離等に応じて遅延算出回路 2 4 が変化させるようにしても構わない。なお、開口 1 2 b は、超音波送信用と超音波受信用とで同一の開口を用いても良いが、異なる大きさ形状の開口を用いても構わない。

30

【 0 0 5 1 】

ここで、超音波振動素子アレイ面 1 2 a に対して任意の位置関係にある切断面を考える。任意の切断面は、一般に、音軸に交差する切断面となるために、この切断面の超音波断層像をメモリ 2 6 に蓄積されているボリュームデータから作成しても、必ずしも高い空間分解能を得られるとは限らない。そこで本実施形態では、選択された切断面に最適化した超音波ビーム UB を用いて、切断面の再走査を行い、より高い空間分解能の超音波断層像を取得するようにしている。

40

【 0 0 5 2 】

切断面の再走査は、上述したように、切断面上の着目点（図 2 の任意点 P）が焦域に入るように超音波ビーム UB を送受信し、次に任意点 P の位置を切断面上において所定量移動して、移動後の任意点 P を同様に走査することを次々に行うことによりなされる。こうして、切断面に対応する超音波断層像が取得される。

【 0 0 5 3 】

このために、遅延算出回路 2 4 は、CPU 2 9 から取得した切断面を規定する情報（ここでは、切断面の中心位置ベクトルおよび法線ベクトル）に基づいて、超音波ビーム UB が最適化されるように（具体的には、超音波ビーム UB の焦域に切断面の任意点 P が入るように）、それぞれの超音波ビーム UB の方向  $I$ （ $\theta$ 、 $\phi$ ）に対して、焦点深度  $z_p$  を決

50

定する。ここに、 $\theta$  は z 軸に対する OP の角度である。また、任意点 P から超音波振動素子アレイ面 1 2 a へ引いた垂線の足、つまり任意点 P の超音波振動素子アレイ面 1 2 a への射影点を P' としたときに、 $\theta'$  は x 軸に対する OP' の角度である。なお、図 2 において、OP が焦点距離、P'P (z 軸に平行) が焦点深度  $z_p$  を表す。

【0054】

切断面への超音波ビーム UB の最適化は、基本的に、次のように行われる。O - x y z 座標系における切断面の中心位置ベクトルを  $(x_0, y_0, z_0)$ 、切断面の法線ベクトルを  $(a, b, c)$  とおくと、CPU 29 から遅延算出回路 24 へ送信されるこれらの情報に基づき、任意の切断面の方程式は次の数式 1 に示すように記載される。

【0055】

[数 1]

$$a(x - x_0) + b(y - y_0) + c(z - z_0) = 0$$

ここで、 $a \cdot x_0 + b \cdot y_0 + c \cdot z_0 = -K$  とおけば、数式 1 は次の数式 2 に示すように記載される。

【0056】

[数 2]

$$ax + by + cz + K = 0$$

ところで、超音波振動素子アレイ面 1 2 a に配列されている超音波振動素子の遅延量 d は、超音波振動素子アレイ面 1 2 a の中心である原点 O から切断面上の着目点 (図 2 の任意点 P =  $(x, y, z)$ ) までの距離  $|p|$  (この距離  $|p| = OP$  は、上述したように焦点距離に該当する) と、原点 O から任意点 P へ向いた方向  $(\theta, \theta')$  と、 $\theta, \theta'$  を変数とする多変数関数 f を用い、次の数式 3 に示すように記載することができる。なお、この遅延量 d は、さらに超音波振動素子の超音波振動素子アレイ面 1 2 a 内での位置にも依存する。ただし、この依存性の内容については式を後述し、数式 3 からは省略する。

【0057】

[数 3]

$$d = f(|p|, \theta, \theta')$$

このように、超音波ビーム UB の走査に係る条件 (ここでは、遅延量 d) は、超音波ビーム UB の音軸の方向 (OP の方向) によって異なる。

【0058】

まず、距離  $|p|$  は、数式 2 の拘束を受ける任意点 P の座標  $(x, y, z)$  に基づき、次の数式 4 に示すように記載される。

【0059】

[数 4]

$$|p| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

また、 $\theta, \theta'$  は、次の数式 5 に基づき  $0 \leq \theta < \pi/2$  の範囲で一意に決定される。

【0060】

[数 5]

$$\cos \theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$\sin \theta = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

そして、 $\theta, \theta'$  は次の数式 6 に基づき決定される。

【0061】

[数 6]

10

20

30

40

$$\cos \phi = \frac{z}{|p|} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

こうして、切断面上の任意点 P に超音波ビーム UB を最適化するための遅延条件は数式 3 (数式 3 に代入すべき変数値は数式 4 ~ 数式 6) により求められるために、数式 2 の拘束条件の下での切断面上の各任意点 P に対して、数式 3 を用い超音波ビーム UB を最適化して送信することにより、切断面全体が最適化された空間分解能の高い超音波断層像を取得することができる。

【 0 0 6 2 】

なお、本実施形態の操作系によって選択される切断面 B , C への超音波ビーム UB の最適化については、後でより具体的に説明する。

【 0 0 6 3 】

図 8 A は、超音波診断装置の作用を示すフローチャートである。この図 8 A は、超音波診断装置の作用全体の流れを示しており、作用の一部である「切断面 B 回転処理」と「切断面 C 移動処理」の詳細については、後で図 8 B および図 8 C を参照して説明する。

【 0 0 6 4 】

この処理を開始すると、CPU 29 の制御に基づき、ビームフォーマ 23 がボリュームスキャンを行う (ステップ S 1)。

【 0 0 6 5 】

具体的に、走査が開始されると、CPU 29 および遅延算出回路 24 の制御に基づいて、各超音波振動素子毎の遅延がかけられたパルス電圧状の送信駆動信号がビームフォーマ 23 から超音波振動子 12 へ送信される。

【 0 0 6 6 】

開口 12 b (図 2 参照) 内に配列されている超音波振動素子は、ビームフォーマ 23 からのパルス電圧状の励起信号である送信駆動信号を受け取って、媒体の疎密波である超音波に変換する。このときに各超音波振動素子が励起する超音波は、被検体内で重ね合わせられたときに一本の超音波ビーム UB (図 2 参照) を形成する (この一本の超音波ビーム UB を形成するように、遅延算出回路 24 が各送信駆動信号に上述した遅延をかけている)。こうして超音波振動子 12 から発生された超音波ビーム UB が被検体の関心領域へ送信される。被検体の関心領域からの反射波は、超音波ビーム UB とは逆の経路を辿って、超音波振動子 12 の各超音波振動素子に到達する。各超音波振動素子は、反射波を電気的なエコー信号にそれぞれ変換してビームフォーマ 23 へ送信する。ビームフォーマ 23 は、受信したエコー信号を増幅し整相加算する。

【 0 0 6 7 】

このような超音波ビーム UB による 1 点 (1 方向) スキャンを、方向を変化させて複数回行うことにより 1 枚の超音波断層像を得る面スキャンが行われ、さらに、面スキャンを方向を変化させて複数回行うことにより、ボリュームスキャンが行われる。ボリュームスキャンにより取得された複数枚の超音波断層像は、メモリ 26 に記憶され、被検体における関心領域の 3 次元的なボリュームデータが構成される。

【 0 0 6 8 】

次に、ユーザが切断面 A 選択スライダ 55 を操作することにより切断面 A を選択する (ステップ S 2)。ここに、切断面 A はステップ S 1 のボリュームスキャンにより得られた超音波断層像の何れかであり、つまり音軸に沿った走査が行われた超音波断層像であるために、高い空間分解能が得られた画像となっている。そして、切断面 A の選択は、モニタ 4 に表示される切断面 A の超音波断層像をユーザが観察しながら、焼灼針 3 が描出される面を探して選択することにより行われる。そして、このステップ S 2 の選択操作により、切断面 A の角度  $\gamma$  (図 10 参照) が設定される。

【 0 0 6 9 】

こうして選択が行われると、モニタ 4 に焼灼針 3 が描出された切断面 A の超音波断層像 (図 3 参照) が表示される (ステップ S 3)。ここに図 3 は、モニタ 4 に表示される切断

10

20

30

40

50

面 A の超音波断層像の例を示す図である。

【 0 0 7 0 】

グラフィック回路 2 7 は、ボリュームデータをデフォルトの位置および方向の切断面 B , C で切断したときの超音波断層像を構築する (ステップ S 4 ) 。

【 0 0 7 1 】

ここで、切断面 B のデフォルトの位置は、切断面 B の中心が切断面 A の中心 (縦方向高さの中央かつ横方向幅の中央になる点) と一致するように設定される。切断面 B のデフォルトの方向は、焼灼針 3 が切断面 A に突出した場合に想定される設計値から予め決められている方向 (例えば図 3 の『焼灼針 3』として示された方向) を切断面 B が含み、かつ、切断面 B の法線が切断面 A に平行になるよう設定される。

10

【 0 0 7 2 】

切断面 C のデフォルトの位置は、切断面 C の中心が切断面 B を上記「予め決められている方向」への 2 等分点と一致するように設定される。切断面 C のデフォルトの方向は、切断面 C が「予め決められている方向」に垂直で、かつ、切断面 C の上方向が切断面 A に平行になるよう設定される。

【 0 0 7 3 】

また、画像処理等を行って切断面 A の超音波断層像から焼灼針 3 を自動検出する場合には、この時点で、焼灼針 3 を含むようなデフォルト位置の切断面 B と、焼灼針 3 に垂直なデフォルト位置の切断面 C と、が選択されるようにしても良い。また、自動検出を行わない (あるいは、行えない) 場合には、後述するステップ S 6 においてユーザにより電極位置が指定されるまで、適切なデフォルト位置の選択を待つようにしても良い。

20

【 0 0 7 4 】

そして、モニタ 4 に、切断面 B の超音波断層像 (図 4 参照) と切断面 C の超音波断層像 (図 5 ~ 図 7 参照) とを表示する (ステップ S 5 ) 。こうしてモニタ 4 には、図 3 に示すような切断面 A の超音波断層像 (表示部分を適宜、画面 A という) と、図 4 に示すような切断面 B の超音波断層像 (同様に適宜、画面 B という) と、図 5 ~ 図 7 に示すような切断面 C の超音波断層像 (同様に適宜、画面 C という) とが、例えば並べて同時に表示される。ここに図 4 はモニタ 4 に表示される切断面 B の超音波断層像の例を示す図、図 5 はモニタ 4 に表示される切断面 C 1 の超音波断層像の例を示す図、図 6 はモニタ 4 に表示される切断面 C 2 の超音波断層像の例を示す図、図 7 はモニタ 4 に表示される切断面 C 3 の超音波断層像の例を示す図である。ここに、切断面 C 1 ~ C 3 は、切断面 C の 3 つの例である。ただし、並べて表示するのに代えて、何れの切断面の超音波断層像をモニタ 4 に表示するかをユーザが切り替えるように構成しても良い。

30

【 0 0 7 5 】

上述した処理により、少なくとも図 3 に示す切断面 A の超音波断層像には、焼灼針 3 がその中心軸に沿って描出されている状態となっている。この状態において、ユーザが焼灼針 3 の電極位置の指定を行う (ステップ S 6 ) 。

【 0 0 7 6 】

図 3 および図 4 に示す例は、バイポーラ型の焼灼針 3 を示しており、焼灼針 3 には、中心軸に沿って極性が異なる 2 つの電極が設けられている。これらの電極にはディンプルが各形成されており、超音波断層像上においては明点として容易に視認することができるようになっている。そこでユーザは、2 つの電極に対応した明点を、直線設定部および指定部として機能するトラックボール 5 1 および確定キー 5 2 を用いて、あるいは直線設定部および指定部として機能するマウス 6 を用いて、指定する操作を行う。グラフィック回路 2 7 は、切断面 A 上に、これら指定された 2 明点を通る直線を設定する。

40

【 0 0 7 7 】

なおここでは、断層像生成部であるグラフィック回路 2 7 が生成した切断面の超音波断層像上において、直線設定部が、複数点を指定することにより直線を設定したが、これに限らず、点および方向を指定することにより直線を設定するようにしても構わない。

【 0 0 7 8 】

50

また、もしディンプルが電極の位置に設けられておらず、他の位置に設けられている場合には、超音波観測装置 2 に電極とディンプルとの位置関係を記憶させておき、ユーザがディンプルの位置を指定すると、算出部として機能する CPU 29 がディンプルの位置から自動的に電極位置や後述する焼灼中心の位置を演算して、演算結果に基づいて後述する電極マーカや焼灼中心マーカを重畳するようにしても良い。

**【 0 0 7 9 】**

この指定操作を受けて、CPU 29 の制御に基づき、マーカ重畳部として機能するグラフィック回路 27 は、図 3 に示すように、画面 A の超音波断層像に先端側の電極マーカ 31 および基端側の電極マーカ 32 を重畳して表示する（ステップ S 7）。

**【 0 0 8 0 】**

さらに、グラフィック回路 27 は、直線設定部が設定した直線を切断面 B が含み、かつ、切断面 B の法線が切断面 A に平行になるよう、切断面 B の方向を変更する。そして、グラフィック回路 27 は、直線設定部が設定した直線に対して切断面 C が垂直になり、かつ、切断面 C の上方向が切断面 A に平行になるよう切断面 C の位置と方向とを変更する。さらに、グラフィック回路 27 は、焼灼針 3 がバイポーラ型であれば切断面 C の中心が先端側の電極位置と一致するよう変更し、焼灼針 3 がモノポーラ型であれば切断面 C の中心が 1 電極位置自身と一致するよう切断面 C の位置をさらに平行移動して変更する（ステップ S 8）。なお、これらは、デフォルトの位置と方向がこの通りであれば変更しない。

**【 0 0 8 1 】**

このようにして、上述した焼灼針 3 の自動検出の有無に関わらず、画面 B に表示する超音波断層像の切断面 B は焼灼針 3 の中心軸を含む面に設定され、画面 C に表示する超音波断層像の切断面 C は焼灼針 3 の中心軸に垂直な面に設定される。

**【 0 0 8 2 】**

そして、図 4 に示すように、画面 B の超音波断層像にも電極マーカ 31 および基端側の電極マーカ 32 が重畳して表示される（ステップ S 9）。

**【 0 0 8 3 】**

なお、画面 A には、切断面 C と切断面 A との交線を示すカーソルバー CSB と、トラックボール 51 またはマウス 6 により移動されるポインタであるカーソル CS と、が表示される。ここに、説明の都合上、図 3 には、切断面 A、切断面 C と切断面 A との交線を示すカーソルバー CSB、カーソル CS とともに、切断面 B を示す四角形と、切断面 C と切断面 B との交線を示すカーソルバー CSB とをさらに示してあるが、この四角形と後者のカーソルバー CSB とは画面 A 上には表示されない。

**【 0 0 8 4 】**

また、画面 B にも、切断面 C と切断面 B との交線を示すカーソルバー CSB と、トラックボール 51 またはマウス 6 により移動されるポインタであるカーソル CS と、が表示される。

**【 0 0 8 5 】**

バイポーラ電極での焼灼範囲は、一般に、2 つ電極の中点を中心にした回転楕円体状となる。そこで CPU 29 は、2 つの電極の中点の位置を焼灼中心位置として演算する（ステップ S 10）。

**【 0 0 8 6 】**

グラフィック回路 27 は、CPU 29 の制御に基づいて、図 3 および図 4 に示すように、画面 A、画面 B 上に演算された焼灼中心位置に焼灼中心マーカ 30 を重畳表示する（ステップ S 11）。

**【 0 0 8 7 】**

なお、ここでは焼灼針 3 がバイポーラ型である例を説明したために、2 つの電極の位置から焼灼中心位置を演算して表示したが、焼灼針 3 はモノポーラ型であっても良く、この場合には、モノポーラ電極の位置を焼灼中心位置に設定して電極マーカもしくは焼灼中心マーカ 30 を重畳表示することになる。

**【 0 0 8 8 】**

10

20

30

40

50

その後、ユーザは、以下のⅠ～Ⅳの操作の何れかを実施することにより、超音波診断装置への入力を行う(ステップS12)。

【0089】

Ⅰ. 例えば、ユーザは、焼灼針3の周辺の状況、具体的には焼灼針3の周囲に損傷させたくない血管や臓器などが存在するか否かを焼灼前に確認するために、切断面B回転つまみ56を操作する。ここで、焼灼針3の周辺の状況をくまなく(焼灼針3周りの全周に渡って)確認するために、ユーザは少なくとも半回転分の確認を実施することが望ましい。

【0090】

Ⅱ. また、例えば、ユーザは、上記切断面Bの回転による確認が完了したと判断した場合には、焼灼針3の中心軸方向に切断面Cを移動させながら周辺の状況を確認するために、切断面C移動スライダ57を操作する。なお、切断面C移動スライダ57の操作に代えて、トラックボール51および確定キー52、またはマウス6を用いて、カーソルCSによりカーソルバーCSBを移動することで切断面Cを移動させても構わない。ここで、焼灼範囲をくまなく確認するために、ユーザは焼灼針3の中心軸方向に1ストローク分の確認を実施することが望ましい。このようにして、ユーザは、上記切断面B回転つまみ56の操作による焼灼針3の周辺の状況や上記切断面C移動スライダ57の操作による焼灼針3の中心軸方向の状況を確認しながら、対象領域を十分に焼灼する。

【0091】

Ⅲ. また、例えば、ユーザは、治療がまだ完了していないと判断した場合には、焼灼針3に通電を行って対象領域の焼灼を行うために、コントロールパネル5上の通電ボタン58またはモニタ4上の通電メニューを操作する。

【0092】

Ⅳ. 一方、ユーザは、治療が完了したと判断した場合には、全ての処理を終了するために、コントロールパネル5上の終了ボタン59またはモニタ4上の終了メニューを操作する。なお、終了メニューおよび通電メニューは、図示はしないがモニタ4上に表示され、マウス6、またはトラックボール51および確定キー52により操作されるように構成されている。

【0093】

次に、CPU29は、ステップS12での入力が、切断面B回転つまみ56からの入力であるか否かを判断する(ステップS13)。ここで、切断面B回転つまみ56からの入力であると判断された場合には、後で図8Bを参照して説明するような切断面B回転処理を実施する(ステップS14)。

【0094】

また、ステップS13において切断面B回転つまみ56からの入力でないと判断された場合には、CPU29は、ステップS12での入力が、切断面C移動スライダ57からの入力であるか否かを判断する(ステップS15)。ここで、切断面C移動スライダ57からの入力であると判断された場合には、後で図8Cを参照して説明するような切断面C移動処理を実施する(ステップS16)。

【0095】

ステップS15において切断面C移動スライダ57からの入力でないと判断された場合には、CPU29は、ステップS12での入力が、通電ボタン58または通電メニューからの入力であるか否かを判断する(ステップS17)。ここで、通電ボタン58または通電メニューからの入力であると判断された場合には、焼灼針3に通電を行って対象領域の焼灼を行う(ステップS18)。

【0096】

ステップS17において通電ボタン58または通電メニューからの入力でないと判断された場合には、CPU29は、ステップS12での入力が、終了ボタン59または終了メニューからの入力であるか否かを判断する(ステップS19)。ここで、終了ボタン59または終了メニューからの入力でないと判断された場合には、CPU29は、上述したステップS12へ行ってユーザから入力操作が行われるのを待ち、一方、終了ボタン59ま

10

20

30

40

50

たは終了メニューからの入力であると判断された場合には、全ての処理を終了させる。

【0097】

このように、ユーザは、ステップS19において焼灼が完了したと判断できるまで、ステップS12へ戻って上述した切断面Bおよび切断面Cを変更しての超音波断層像の確認が可能である。従って、ステップS18の焼灼を行いながら、焼灼状態の変化をユーザが確認することができる。さらに、例えば焼灼後における被検体の関心領域の状態を確認することができる。このときには、必要に応じて、焼灼が完了した後にステップS1のボリュームスキャンから再度実行するようにしても良い。そして、ユーザは、ステップS19において焼灼が完了したと判断できた場合には、任意にこの処理を終了することができる。

10

【0098】

次に、図8Bは、図8AのステップS14における切断面B回転処理の詳細を示すフローチャートである。

【0099】

CPU29は、ステップS12で切断面B回転つまみ56から入力された回転入力値に基づいて、切断面Bの角度（図3および図9参照）を設定する（ステップS21）。こうして、3次元空間内において、直線設定部により設定された直線（ここでは焼灼針3の中心軸）の周りに切断面（ここでは切断面B）を回転して、新たな切断面を設定することが可能となっている。そして、CPU29は、設定した角度の切断面Bの中心位置ベクトルおよび法線ベクトルの情報を算出して、遅延算出回路24へ送信する。

20

【0100】

すると、遅延算出回路24が、設定された角度の切断面Bに対して超音波ビームUBを最適化するように各超音波振動素子の遅延量を算出する（ステップS22）。

【0101】

ビームフォーマ23は、遅延算出回路24から遅延量を受信して再走査を行い、スライススキャンにより切断面Bに一致する1枚の超音波断層像を取得するか、もしくはボリュームスキャンにより切断面Bを含む複数枚の超音波断層像を取得する（ステップS23）。このように再走査は、超音波ビームが切断面において最適になっていれば、ボリュームスキャンにより行ってもスライススキャンにより行っても何れでも構わない（下記に説明する切断面Cの再走査についても同様）。

30

【0102】

グラフィック回路27は、再走査により取得された高い空間分解能の切断面Bの超音波断層像に、電極マーカ31、32、焼灼中心マーカ30、およびカーソルバーCSBを重畳した画像データを生成して（ステップS24）、図4に示すようにモニタ4に表示してから（ステップS25）、図8Aに示す処理にリターンする。なお、カーソルバーCSBは、このステップS24を最初に処理するときには、図4のC1の位置にある。

【0103】

図8Cは、図8AのステップS16における切断面C移動処理の詳細を示すフローチャートである。

【0104】

CPU29は、ステップS12で切断面C移動スライダ57から入力された入力値に基づいて、切断面Cの移動量L（図4参照）を設定する（ステップS31）。

40

【0105】

次に、CPU29は、設定された移動量Lの切断面Cの中心位置ベクトルおよび法線ベクトルの情報を遅延算出回路24へ送信して、遅延算出回路24が、設定された移動量Lの切断面Cに対して超音波ビームUBを最適化するように各超音波振動素子の遅延量を算出する（ステップS32）。

【0106】

ビームフォーマ23は、遅延算出回路24から遅延量を受信して再走査を行い、スライススキャンにより切断面Cに一致する1枚の超音波断層像を取得するか、もしくはボリューム

50

ームスキャンにより切断面Cを含む複数枚の超音波断層像を取得する(ステップS33)。

【0107】

グラフィック回路27は、再走査により取得された高い空間分解能の切断面Cの超音波断層像に、電極マーカ31, 32に対応するマーカME(図5参照)、または焼灼中心マーカ30に対応するマーカM0(図7参照)を重畳した画像データを生成し(ステップS34)、モニタ4に表示してから(ステップS35)、図8Aに示す処理にリターンする。

【0108】

ここに、切断面Cは焼灼針3に垂直な面であるために、電極マーカ31と電極マーカ32と焼灼中心マーカ30との内の何れか1つに対応するマーカが描出されるか、または何れに対応するマーカも描出されないか、のどちらかである。すなわち、切断面Cが、電極マーカ31を中心とした所定の半径  $r$  の球と、電極マーカ32を中心とした所定の半径  $r$  の球と、焼灼中心マーカ30を中心とした所定の半径  $r$  の球と、の何れかと交差する場合には、交差した半径  $r$  の球の中心のマーカを表示し、何れとも交差しない場合にはマーカを表示しないようになっている。この  $r$  は、予め決められたごく小さい値であるものとする。

10

【0109】

図5はモニタ4に表示される切断面C1の超音波断層像の例を示す図、図6はモニタ4に表示される切断面C2の超音波断層像の例を示す図、図7はモニタ4に表示される切断面C3の超音波断層像の例を示す図である。

20

【0110】

切断面Cが、電極マーカ31を中心とした所定の半径  $r$  の球と交差する切断面C1である場合には、図5に示すように、電極マーカ31に対応する例えば「+」状のマーカMEが画面Cに表示される。なお、切断面Cが、電極マーカ32を中心とした所定の半径  $r$  の球と交差する場合には、この図5と同様に、マーカMEが画面Cに表示される。

【0111】

また、切断面Cが、電極マーカ31と焼灼中心マーカ30との間にあって、何れの半径  $r$  の球とも交差していない切断面C2である場合には、図6に示すようにマーカは画面Cに表示されない。なお、切断面Cが、電極マーカ31よりも先端側、焼灼中心マーカ30と電極マーカ32の間、電極マーカ32よりも基端側の何れかにあって半径  $r$  の球と交差していない場合には、この図6と同様に、マーカは画面Cに表示されない。

30

【0112】

さらに、切断面Cが、焼灼中心マーカ30を中心とした所定の半径  $r$  の球と交差する切断面C3である場合には、図7に示すように、電極マーカ31に対応する例えば「x」状のマーカM0が画面Cに表示される。

【0113】

次に、図9~図14を参照して、本実施形態における切断面B, Cへの超音波ビームUBの最適化について説明する。なお、本説明文において、ベクトルを示す矢印や、ベクトルあるいは行列を示す太字は、文字表記の都合上、記載を省略し、必要に応じてベクトルであるか行列であるかを明記することとする。

40

【0114】

以下において、(1)、(2-1)~(2-3)、(3-1)~(3-3)は超音波ビームUBの最適化のための関係式の導出に関連し、(2-4)、(3-4)は超音波診断装置の動作に関連する。また、(4-1)~(4-6)は、変形例に関連している。

【0115】

さらに、以下において、(2-1)~(2-4)は、切断面B上の任意点Pで焦点を結ぶ(任意点Pが焦域に入る)超音波ビームUBの生成に関連している。

【0116】

また、以下において、(3-1)~(3-4)は、切断面C上の任意点Qで焦点を結ぶ

50



(任意点Qが焦域に入る)超音波ビームUBの生成に関連している。

【0117】

なお、下記の説明では複数の座標系が表れるが、ある着目点の「位置ベクトル」というときには、座標系O - x y zにおける原点Oからその着目点までのベクトルを表すものとする。

【0118】

(1) 超音波振動素子アレイ面12aと、切断面B上の電極位置 $E_1$ 、 $E_2$ (上述した電極マーカ31、32の一方と他方に対応する)との関係

図9は、超音波振動素子アレイ面12aと切断面Bとの位置関係を示す図である。

【0119】

上述したように、座標系O - x y zを超音波振動素子アレイ面12aに固定した右手系の正規直交座標系として設定する。すなわち、上述したように、原点Oを超音波振動素子アレイ面12aの中心とし、原点Oを通り超音波振動素子アレイ面12aに垂直な軸をz軸、原点Oを通り超音波内視鏡1の挿入部の挿入軸方向に平行な軸をy軸、原点Oを通りz軸およびy軸に垂直な軸をx軸として定義している。従って、例えばx y平面が水平面となるように超音波振動素子アレイ面12aを下向きに配置すれば、z軸の正方向は鉛直下方となる(図10参照)。

【0120】

そして、この正規直交座標系O - x y zにおけるx軸方向の正規直交基底をベクトルi、y軸方向の正規直交基底をベクトルj、z軸方向の正規直交基底をベクトルkにより表すこととする。

【0121】

切断面A選択スライダ55により切断面Aが指定されると、図10に示す角度 $\psi_y$ が超音波観測装置2へ入力される。ここに図10は超音波振動素子アレイ面12aと切断面Aとの位置関係を示す図である。

【0122】

ベクトル $i'$ 、 $j$ 、 $k'$ を、上述したベクトルi、j、kをy軸の周りに角度 $\psi_y$ だけそれぞれ回転したベクトルであると定義する。このとき、数式8に示すようなy軸の周りの角度 $\psi_y$ の回転行列 $T_y(\psi_y)$ を用いて、ベクトル $i'$ 、 $j$ 、 $k'$ が、ベクトルi、j、kから数式7により求められる。

【0123】

[数7]

$$[i' \ j \ k'] = [i \ j \ k]T_y(\psi_y)$$

[数8]

$$T_y(\psi_y) = \begin{pmatrix} \cos \psi_y & 0 & \sin \psi_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \psi_y & 0 & \cos \psi_y \end{pmatrix}$$

求められたベクトル $i'$ 、 $j$ 、 $k'$ の正規直交基底により表される正規直交座標系をO - x' y z'とする。このとき、切断面A上において、トラックボール51および確定キー52を用いて、焼灼針3に設けられている2つの電極の内の一方の電極を指定すると、図11に示すように、切断面A上の第1の電極位置 $E_1$ の座標( $E_{1y}$ 、 $E_{1z'}$ )が決定される。ここに、図11は、切断面A上における正規直交基底の回転を示す図である。なお、第1の電極位置 $E_1$ は、図9にも切断面B上の位置として示されている。

【0124】

このとき、数式9に示すように $|OE_1|$ の値が求められ、数式10に示すようにy軸と $OE_1$ とのなす角度 $\alpha_x$ の値が求められる。

【0125】

10

20

30

40

50

[ 数 9 ]

$$|OE_1| = \sqrt{E_{1y}^2 + E_{1z'}^2}$$

[ 数 10 ]

$$\psi_x = \tan^{-1} \frac{E_{1z'}}{E_{1y}}$$

さらに、ベクトル  $i''$ 、 $j''$ 、 $k''$  を、上述したベクトル  $i'$ 、 $j$ 、 $k'$  を  $x'$  軸の周りに角度  $\psi_x$  だけそれぞれ回転したベクトルであると定義する。このとき、以下の数式 11、12 を用いて、ベクトル  $i'$ 、 $j$ 、 $k'$  からベクトル  $i''$ 、 $j''$ 、 $k''$  が求められる。ここに、数式 12 の  $T_x(\psi_x)$  は、 $x'$  軸の周りの角度  $\psi_x$  の回転行列である。

【 0 1 2 6 】

[ 数 11 ]

$$[i'' \ j'' \ k''] = [i' \ j \ k'] T_x(\psi_x)$$

[ 数 12 ]

$$T_x(\psi_x) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \psi_x & -\sin \psi_x \\ 0 & \sin \psi_x & \cos \psi_x \end{pmatrix}$$

さらに、 $j''$  と  $OE_1$  と  $|OE_1|$  とには、以下の数式 13 が成立する。

【 0 1 2 7 】

[ 数 13 ]

$$j'' = \frac{\overrightarrow{OE_1}}{|OE_1|}$$

従って、数式 13 および数式 9 から  $OE_1$  が次の数式 14 に示すように求められる。

【 0 1 2 8 】

[ 数 14 ]

$$\begin{aligned} \overrightarrow{OE_1} &= |OE_1| j'' \\ &= \left( \sqrt{E_{1y}^2 + E_{1z'}^2} \right) j'' \end{aligned}$$

さらに、数式 14 におけるベクトル  $j''$  は、数式 11、数式 7、および数式 10 から、次の数式 15 に示すように求められる。

【 0 1 2 9 】

[ 数 15 ]

$$\begin{aligned} [i'' \ j'' \ k''] &= [i' \ j \ k'] T_x(\psi_x) \\ &= [i \ j \ k] T_y(\psi_y) T_x(\psi_x) \\ &= [i \ j \ k] T_y(\psi_y) T_x\left(\tan^{-1} \frac{E_{1z'}}{E_{1y}}\right) \end{aligned}$$

こうして、数式 15 から求められる  $j''$  を数式 14 に用いることにより、ベクトル  $i$ 、 $j$ 、 $k$  と第 1 の電極位置  $E_1$  の位置ベクトル  $OE_1$  との関係が、既知の量である角度  $\psi_y$  と切断面 A における第 1 の電極の座標  $(E_{1y}, E_{1z'})$  とに基づき求められる。さら

10

20

30

40

50

に、ベクトル  $i, j, k$  と第 2 の電極位置  $E_2$  の位置ベクトル  $OE_2$  との関係も、既知の量である角度  $\gamma$  と切断面 A における第 2 の電極の座標  $(E_{2y}, E_{2z})$  とに基づき、数式 14 および数式 15 と同様に求められる。

【0130】

(2-1) 切断面 B 上の任意点 P の位置ベクトル  $p$  (= 位置ベクトル  $OP$ ) の導出

図 9 に示すように、座標系  $E_1 - X_p Y_p Z_p$  を切断面 B に固定した正規直交座標系とする。ここに、 $X_p$  軸、 $Y_p$  軸、および  $Z_p$  軸が直交する点を第 1 の電極位置  $E_1$  とし、第 1 の電極位置  $E_1$  を通り切断面 B に垂直な軸を  $Z_p$  軸、第 1 の電極位置  $E_1$  を通り 2 つの電極位置で決定されるベクトル  $E_1 E_2$  の方向が正方向となるような軸を  $Y_p$  軸、第 1 の電極位置  $E_1$  を通り  $Z_p$  軸および  $Y_p$  軸に垂直な軸を  $X_p$  軸として定義している。

10

【0131】

そして、この正規直交座標系  $E_1 - X_p Y_p Z_p$  における  $X_p$  軸方向の正規直交基底をベクトル  $i_B$ 、 $Y_p$  軸方向の正規直交基底をベクトル  $j_B$ 、 $Z_p$  軸方向の正規直交基底をベクトル  $k_B$  により表すこととする。

【0132】

このとき、ベクトル  $j_B$  は、上述したように既に求められた位置ベクトル  $OE_1$  および位置ベクトル  $OE_2$  を用いて、以下の数式 16 に示すように求められる。

【0133】

[数 16]

$$j_B = \frac{\overrightarrow{E_1 E_2}}{|\overrightarrow{E_1 E_2}|} = \frac{\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}}{|\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|}$$

20

また、切断面 B 上にある任意点 P ( $X_p, Y_p$ ) について、図 9 から、以下の関係式が成立する。

【0134】

[数 17]

$$\overrightarrow{E_1 P} = X_p i_B + Y_p j_B$$

30

ここで、切断面 B 回転つまみ 56 が操作されると、操作に応じた角度  $\theta$  だけ切断面 B が  $Y_p$  軸の周りに回転する。そこで、角度  $\theta$  を、 $OE_1 \times j_B$  が  $i_B$  と平行になるときに  $\theta = 0$  となるように定義する。 $\theta = 0$  のときの  $i_B$  を  $i_{B0}$ 、すなわち、 $OE_1 \times j_B$  の方向の単位ベクトルを  $i_{B0}$  と定義すると、 $i_B$  は  $i_{B0}$  を  $Y_p$  軸の周りに角度  $\theta$  だけ回転したベクトルである。同様に、 $\theta = 0$  のときの  $k_B$  を  $k_{B0}$  と定義すると、 $k_B$  は  $k_{B0}$  を  $Y_p$  軸の周りに角度  $\theta$  だけ回転したベクトルである。また、 $k_B$  は、 $i_B$  と  $j_B$  とから、 $k_{B0}$  は、 $i_{B0}$  と  $j_B$  とから定義できる。よって、正規直交規定  $i_B$  と  $k_B$ 、 $i_{B0}$  と  $k_{B0}$  とは、以下の数式 18 ~ 22 により表される。

40

【0135】

[数 18]

$$\begin{aligned}
\mathbf{i}_{B0} &= \frac{\overline{OE_1} \times \mathbf{j}_B}{|\overline{OE_1} \times \mathbf{j}_B|} \\
&= \frac{\overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} - \overline{OE_1})}{|\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
&= \frac{|\overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} - \overline{OE_1})|}{|\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
&= \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}|}
\end{aligned}
\tag{10}$$

[ 数 1 9 ]

$$\begin{aligned}
\mathbf{k}_{B0} &\equiv \mathbf{i}_{B0} \times \mathbf{j}_B \\
&= \left\{ \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}|} \right\} \times \left\{ \frac{(\overline{OE_2} - \overline{OE_1})}{|\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \right\} \\
&= \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) \times (\overline{OE_2} - \overline{OE_1})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
&= \frac{(\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) \times \overline{OE_2} - (\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) \times \overline{OE_1}}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
&= \frac{-\overline{OE_2} \times (\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}) - \overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} \times \overline{OE_1})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
&= -\frac{\overline{OE_1} \times (\overline{OE_2} \times \overline{OE_1}) + \overline{OE_2} \times (\overline{OE_1} \times \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
&= -\frac{\overline{OE_2} |\overline{OE_1}|^2 - \overline{OE_1} (\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2}) + \overline{OE_1} |\overline{OE_2}|^2 - \overline{OE_2} (\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2})}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|} \\
&= -\frac{\{|\overline{OE_2}|^2 - (\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2})\} \overline{OE_1} + \{|\overline{OE_1}|^2 - (\overline{OE_1} \cdot \overline{OE_2})\} \overline{OE_2}}{|\overline{OE_1} \times \overline{OE_2}| \cdot |\overline{OE_2} - \overline{OE_1}|}
\end{aligned}
\tag{20}$$

[ 数 2 0 ]

$$\mathbf{k}_B \equiv \mathbf{i}_B \times \mathbf{j}_B$$

[ 数 2 1 ]

$$T_y(\tau) = \begin{pmatrix} \cos \tau & 0 & \sin \tau \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \tau & 0 & \cos \tau \end{pmatrix}$$

[ 数 2 2 ]

$$[\mathbf{i}_B \ \mathbf{j}_B \ \mathbf{k}_B] = [\mathbf{i}_{B0} \ \mathbf{j}_B \ \mathbf{k}_{B0}]T_y(\tau)$$

$$\therefore \mathbf{i}_B = \cos \tau \mathbf{i}_{B0} - \sin \tau \mathbf{k}_{B0}$$

$$= \cos \tau \frac{(\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2})}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}|} + \frac{\sin \tau}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}| \cdot |\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|}$$

$$\cdot \left[ \left\{ |\overrightarrow{OE_2}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right\} \overrightarrow{OE_1} + \left\{ |\overrightarrow{OE_1}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right\} \overrightarrow{OE_2} \right]$$

10

ここに、ベクトル同士の演算に用いられる記号「 $\times$ 」は外積を表しており、数式18の変形には数式16を、数式19の変形には数式16と数式18を、数式22の変形には数式18と数式19と数式21を用いている。また、数式21の $T_y(\ )$ は、 $Y_p$ 軸の周りの角度 $\tau$ の回転行列である。

【0136】

切断面B上におけるベクトル $E_1P$ は、次の数式23に示すように表される。

【0137】

[数23]

$$\overrightarrow{E_1P} = X_P \mathbf{i}_B + Y_P \mathbf{j}_B$$

20

従って、原点Oから任意点P( $X_P, Y_P$ )までの位置ベクトル $p$ は、数式23を用いれば、次の数式24に示すようになる。

【0138】

[数24]

$$\mathbf{p} = \overrightarrow{OE_1} + \overrightarrow{E_1P}$$

$$= \overrightarrow{OE_1} + X_P \mathbf{i}_B + Y_P \mathbf{j}_B$$

$$= \overrightarrow{OE_1}$$

$$+ X_P \left( \cos \tau \frac{(\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2})}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}|} + \frac{\sin \tau}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}| \cdot |\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} \right)$$

30

$$\cdot \left[ \left\{ |\overrightarrow{OE_2}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right\} \overrightarrow{OE_1} + \left\{ |\overrightarrow{OE_1}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right\} \overrightarrow{OE_2} \right]$$

$$+ Y_P \frac{\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}}{|\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|}$$

上述したように、位置ベクトル $OE_1$ に関する数式14および数式15、並びに、これらと同様の位置ベクトル $OE_2$ に関する数式から、ベクトル $i, j, k$ と電極位置 $E_1, E_2$ の位置ベクトルとの関係が、既知の量である角度 $\gamma$ 、第1の電極の座標( $E_{1y}, E_{1z}$ )、第2の電極の座標( $E_{2y}, E_{2z}$ )から求められている。

40

【0139】

ゆえに、数式24から、位置ベクトル $p$ も既知の量であるベクトル $i, j, k$ 、角度 $\gamma$ 、角度 $\tau$ 、第1の電極位置 $E_1$ ( $E_{1y}, E_{1z}$ )、第2の電極位置 $E_2$ ( $E_{2y}, E_{2z}$ )と、変数( $X_P, Y_P$ )とに基づき求められる。

【0140】

(2-2) 切断面B上の任意点Pで焦点を結ぶ(任意点Pが焦域に入る)超音波ビームUBの音軸の角度である( $0^\circ \sim 360^\circ$ )および( $0^\circ \sim 90^\circ$ )の導出

50

任意点 P の位置ベクトル  $p$  について、次の数式 25 が成立する。

【 0 1 4 1 】

[ 数 2 5 ]

$$p = (i \cdot p)i + (j \cdot p)j + (k \cdot p)k$$

また、角度  $\phi$  について、図 2 から、次の数式 26、ひいては数式 27 が成立する。

【 0 1 4 2 】

[ 数 2 6 ]

$$k \cdot p = |p| \cos \phi$$

[ 数 2 7 ]

$$\phi = \cos^{-1} \frac{k \cdot p}{|p|}$$

$$(0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ)$$

10

ここで、上述した数式 24 から、位置ベクトル  $p$  は、既知の量であるベクトル  $i$  ,  $j$  ,  $k$ 、角度  $\theta_y$  , 角度  $\theta_z$  , 第 1 の電極位置  $E_1 (E_{1y}, E_{1z})$  , 第 2 の電極位置  $E_2 (E_{2y}, E_{2z})$  と、変数  $(X_p, Y_p)$  とに基づき求められている。

【 0 1 4 3 】

20

ゆえに、数式 27 から、角度  $\phi$  ( $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ ) も、既知の量であるベクトル  $i$  ,  $j$  ,  $k$ 、角度  $\theta_y$  , 角度  $\theta_z$  , 第 1 の電極位置  $E_1 (E_{1y}, E_{1z})$  , 第 2 の電極位置  $E_2 (E_{2y}, E_{2z})$  と、変数  $(X_p, Y_p)$  とに基づき一意的に求められる。

【 0 1 4 4 】

任意点 P の超音波振動素子アレイ面 12a への射影点 P' に対して、図 12 から、以下の数式 28 ~ 数式 30 が成立する。ここに、図 12 は、切断面 B 上の任意点 P の超音波振動素子アレイ面への射影点 P' の位置を示す図である。

【 0 1 4 5 】

[ 数 2 8 ]

$$\overrightarrow{OP'} = (i \cdot p)i + (j \cdot p)j$$

[ 数 2 9 ]

$$i \cdot \overrightarrow{OP'} = |\overrightarrow{OP'}| \cos \theta$$

[ 数 3 0 ]

$$j \cdot \overrightarrow{OP'} = |\overrightarrow{OP'}| \sin \theta$$

数式 28 から、位置ベクトル  $OP'$  の大きさ  $|OP'|$  は、次の数式 31 に示すようになる。

【 0 1 4 6 】

[ 数 3 1 ]

$$|\overrightarrow{OP'}| = \sqrt{(i \cdot p)^2 + (j \cdot p)^2}$$

そして、数式 28 ~ 31 から、以下の数式 32 , 33 が求められる。

【 0 1 4 7 】

[ 数 3 2 ]

30

40

$$|\overrightarrow{OP'}| \cos \theta = \mathbf{i} \cdot \overrightarrow{OP'} = \mathbf{i} \cdot \mathbf{p}$$

$$\therefore \cos \theta = \frac{\mathbf{i} \cdot \mathbf{p}}{|\overrightarrow{OP'}|} = \frac{\mathbf{i} \cdot \mathbf{p}}{\sqrt{(\mathbf{i} \cdot \mathbf{p})^2 + (\mathbf{j} \cdot \mathbf{p})^2}}$$

[ 数 3 3 ]

$$|\overrightarrow{OP'}| \sin \theta = \mathbf{j} \cdot \overrightarrow{OP'} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{p}$$

10

$$\therefore \sin \theta = \frac{\mathbf{j} \cdot \mathbf{p}}{|\overrightarrow{OP'}|} = \frac{\mathbf{j} \cdot \mathbf{p}}{\sqrt{(\mathbf{i} \cdot \mathbf{p})^2 + (\mathbf{j} \cdot \mathbf{p})^2}}$$

ここで、上述した数式 2 4 から、位置ベクトル  $\mathbf{p}$  は、既知の量であるベクトル  $\mathbf{i}$  ,  $\mathbf{j}$  ,  $\mathbf{k}$ 、角度  $\psi_y$ 、角度  $\tau$ 、第 1 の電極位置  $E_1 (E_{1y}, E_{1z})$ 、第 2 の電極位置  $E_2 (E_{2y}, E_{2z})$  と、変数  $(X_p, Y_p)$  とに基づき求められている。

【 0 1 4 8 】

ゆえに、数式 3 2 ~ 3 3 から、 $(0^\circ \sim 360^\circ)$  も、既知の量であるベクトル  $\mathbf{i}$  ,  $\mathbf{j}$  ,  $\mathbf{k}$ 、角度  $\psi_y$ 、角度  $\tau$ 、第 1 の電極位置  $E_1 (E_{1y}, E_{1z})$ 、第 2 の電極位置  $E_2 (E_{2y}, E_{2z})$  と、変数  $(X_p, Y_p)$  とに基づき一意的に求められる。

20

【 0 1 4 9 】

なお、数式 3 2 および数式 3 3 において角度  $\theta$  を決定する式として  $\cos$  と  $\sin$  の両方を求めている理由は、角度  $\theta$  が第 1 ~ 第 4 象限の何れにあるかを決定するためである。

【 0 1 5 0 】

( 2 - 3 ) 切断面 B 上の任意点 P で焦点を結ぶ ( 任意点 P が焦域に入る ) 超音波ビーム UB を発生するための遅延量  $d_{st}$  の算出

超音波振動素子アレイ面 1 2 a に x 方向および y 方向に行列状に配列された複数の超音波振動素子の内の、x 方向 ( $\mathbf{i}$  ベクトル方向) に s 番目、y 方向 ( $\mathbf{j}$  ベクトル方向) に t 番目の位置に配置された超音波振動素子を  $A(s, t)$  と表記することにする。ここに、 $s, t$  は、0 を含めて正または負の値を取り得るものとする。さらに、超音波振動素子  $A(s, t)$  の遅延量を  $d_{st}$  と表記することにする。

30

【 0 1 5 1 】

数式 3 において述べたように、超音波振動素子の各遅延量  $d_{st}$  は、一般に、原点 O からの焦点距離  $|\mathbf{p}|$  と超音波ビーム UB の走査角度  $\theta$ 、 $\phi$  との多変数関数  $f$  として、以下の数式 3 4 に示すように一意的に決定することができる。

【 0 1 5 2 】

[ 数 3 4 ]

$$d_{st} = f_{st}(|\mathbf{p}|, \theta, \phi)$$

40

ここで、数式 2 4 から焦点距離  $|\mathbf{p}|$  が、数式 2 7 から角度  $\theta$  が、数式 3 2 および数式 3 3 から角度  $\phi$  が、既知の量であるベクトル  $\mathbf{i}$  ,  $\mathbf{j}$  ,  $\mathbf{k}$ 、角度  $\psi_y$ 、角度  $\tau$ 、第 1 の電極位置  $E_1 (E_{1y}, E_{1z})$ 、第 2 の電極位置  $E_2 (E_{2y}, E_{2z})$  と、変数  $(X_p, Y_p)$  とに基づき求められるために、遅延量  $d_{st}$  は次の数式 3 5 に示すように表現される。

【 0 1 5 3 】

[ 数 3 5 ]

$$d_{st} = g_{st}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z}, E_{2y}, E_{2z}; X_p, Y_p)$$

50

結局、遅延量  $d_{st}$  は、 $|p|$  に関わる変数に加え、 $s$  と  $t$  とを与えたことで、一意的に求められることになる。

【0154】

(2-4) 切断面 B 上の任意点 P で焦点を結ぶ (任意点 P が焦域に入る) 超音波ビーム UB を生成する装置の動作

切断面 B 上における  $X_p$  軸方向の微小量を  $X$ 、 $Y_p$  軸方向の微小量を  $Y$  とする。このとき遅延算出回路 24 は、任意点 P の座標  $(X_p, Y_p)$  を微小量  $(X, 0)$  ずらすことと微小量  $(0, Y)$  ずらすこととを適宜組み合わせながら、数式 35 を用いて切断面 B を均等に分割した各点に対する各超音波振動素子の遅延量を繰り返し計算する。

【0155】

遅延算出回路 24 が遅延量を計算する毎に、ビームフォーマ 23 が送信駆動信号を生成して超音波振動子 12 へ送信する。これにより、超音波振動子 12 は、切断面 B を均等に分割した各点に対して超音波ビーム UB を繰り返し送受信する。

【0156】

このように繰り返し送受信を行うことで、最適化された超音波ビーム UB による切断面 B の均等な再走査が行われる。

【0157】

(3-1) 切断面 C 上の任意点 Q の位置ベクトル  $q$  (= ベクトル  $OQ$ ) の導出

切断面 C の中心  $E_c$  は、焼灼針 3 の中心軸上にあり、つまり直線  $E_1E_2$  上にある。従って、切断面 C 移動スライダ 57 の入力値である移動量  $L$  を、長さ  $|E_1E_2|$  を単位とする第 1 の電極位置  $E_1$  からの移動量として定義すれば、位置ベクトル  $OE_c$  は以下の数式 36 に示すように表現される。

【0158】

[数 36]

$$\overrightarrow{OE_c} = \overrightarrow{OE_1} + L \cdot \overrightarrow{E_1E_2}$$

切断面 C は、図 9 に示す切断面 B の  $Y_p$  軸に垂直な面であるために、切断面 C の正規直交基底は、図 13 に示すように、ベクトル  $k_B$  とベクトル  $i_B$  とで与えられる (この座標系を、図 13 においては  $ZX$  座標系としている)。ここに図 13 は、切断面 C 上の任意点 Q の位置を示す図である。従って、切断面 C 上にある任意点 Q の座標を  $(Z_Q, X_Q)$  とすれば、任意点 Q  $(Z_Q, X_Q)$  について、図 13 から、以下の数式 37 が成立する。

【0159】

[数 37]

$$\overrightarrow{E_cQ} = Z_Q k_B + X_Q i_B$$

従って、任意点 Q  $(X_Q, Y_Q)$  の位置ベクトル  $q$  は、数式 36 および数式 37 を用いれば、次の数式 38 により与えられる。

【0160】

[数 38]

$$\begin{aligned} \mathbf{q} &= \overrightarrow{OE_c} + \overrightarrow{E_cQ} \\ &= \overrightarrow{OE_1} + L \cdot \overrightarrow{E_1E_2} + Z_Q k_B + X_Q j_B \\ &= (1-L)\overrightarrow{OE_1} + L \cdot \overrightarrow{OE_2} + Z_Q k_B + X_Q j_B \end{aligned}$$

ここで、(2-1) の数式 16、数式 20、数式 22 から、ベクトル  $i, j, k$  とベクトル  $j_B, k_B$  との関係が、電極位置  $E_1, E_2$  の位置ベクトル  $OE_1, OE_2$  と、既知の量の入力値である角度  $\theta$  から求められている。さらに、位置ベクトル  $OE_1$  に関する数式 14 および数式 15、並びに、これらと同様の位置ベクトル  $OE_2$  に関する数式から、ベクトル  $i, j, k$  と電極位置  $E_1, E_2$  の位置ベクトルとの関係が、既知の量である角度  $\theta_y$ 、第 1 の電極の座標  $(E_{1y}, E_{1z})$ 、第 2 の電極の座標  $(E_{2y}, E_{2z})$

10

20

30

40

50



)から求められている。

【0161】

ゆえに、数式38から、位置ベクトル $q$ も既知の量であるベクトル $i, j, k$ 、角度 $\theta_y$ 、角度 $\theta_z$ 、第1の電極位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z})$ 、第2の電極位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z})$ と、変数 $(Z_Q, X_Q)$ とに基づき求められる。

【0162】

(3-2) 切断面C上の任意点Qで焦点を結ぶ(任意点Qが焦域に入る)超音波ビームUBの音軸の角度である $\theta_1(0^\circ \sim 360^\circ)$ および $\theta_2(0^\circ \sim 90^\circ)$ の導出

上述した(2-2)と同様に、角度 $\theta_1, \theta_2$ が導出される。

10

【0163】

(3-3) 切断面C上の任意点Qで焦点を結ぶ(任意点Qが焦域に入る)超音波ビームUBを発生するための遅延量 $d_{st}$ の算出

上述した(2-3)と同様に、遅延量 $d_{st}$ が算出される。

【0164】

(3-4) 切断面C上の任意点Qで焦点を結ぶ(任意点Qが焦域に入る)超音波ビームUBを生成する装置の動作

上述した(2-4)と同様となる。すなわちまず、切断面C上における $X_Q$ 軸方向の微小量を $\Delta X$ 、 $Y_Q$ 軸方向の微小量を $\Delta Y$ とする。このとき遅延算出回路24は、任意点Qの座標 $(X_Q, Y_Q)$ を微小量 $(\Delta X, 0)$ ずらすことと微小量 $(0, \Delta Y)$ ずらすことを適宜組み合わせながら、数式35を用いて切断面Cを均等に分割した各点に対する各超音波振動素子の遅延量を繰り返し計算する。

20

【0165】

遅延算出回路24が遅延量を計算する毎に、ビームフォーマ23が送信駆動信号を生成して超音波振動子12へ送信する。これにより、超音波振動子12は、切断面Cを均等に分割した各点に対して超音波ビームUBを繰り返して送受信する。

【0166】

このように繰り返して送受信を行うことで、最適化された超音波ビームUBによる切断面Cの均等な再走査が行われる。

【0167】

30

(4-1) 変形例1

上述では、開口素子数 $x$ と $y$ とに定数を用いたが、焦点距離 $|p|$ (切断面B上を走査する場合)、または焦点距離 $|q|$ (切断面C上を走査する場合)が所定距離未満の場合には、超音波ビームUBを収束させることが難しく、適切なビーム径よりも大きくなってしまふ(定数である開口素子数 $x, y$ が大きいと、この傾向がより強まる)。

【0168】

そこで、ビームフォーマ23が、超音波振動素子アレイ面12aにおける実際の励起に使用する開口12bの大きさ(開口素子数: $x, y$ )を、角度 $\theta_y$ 、角度 $\theta_z$ 、移動量 $L$ 、第1の電極位置 $E_1(E_{1y}, E_{1z})$ 、第2の電極位置 $E_2(E_{2y}, E_{2z})$ と、変数 $(X_p, Y_p)$ もしくは変数 $(X_Q, Y_Q)$ に応じて変化させるようにしても良い。

40

【0169】

例えば、任意点Pが超音波振動子12の近傍にあって焦点距離 $|p|$ が所定距離未満となる場合には、開口素子数 $x, y$ を焦点距離 $|p|$ に応じて小さくし、焦点距離 $|p|$ が所定距離以上となる場合には、開口素子数 $x, y$ を所定距離未満の場合よりも大きい一定値としても良い。

【0170】

ここに、図14は、焦点距離に応じて超音波振動素子アレイの開口の大きさを変化させる際の関数形の例を示す線図である。

【0171】

50

$x$  を変数とする関数  $h(x)$  は、 $x = 0$  のときに初期値  $h(0)$  をとり、 $0 < x < x_0$  において単調増加し、 $x_0 < x$  において一定値  $h(x_0)$  をとる関数となっている。

【0172】

例えばこのような関数  $h(x)$  の形状をとる関数、具体的に、切断面 B を再走査する際に  $x$  に対して適用される関数を  $h_{Bx}$ 、切断面 B を再走査する際に  $y$  に対して適用される関数を  $h_{By}$ 、切断面 C を再走査する際に  $x$  に対して適用される関数を  $h_{Cx}$ 、切断面 C を再走査する際に  $y$  に対して適用される関数を  $h_{Cy}$  を用いて、 $x$ 、 $y$  を以下の数式 39 ~ 数式 42 に示すように表現することができる。

【0173】

[数39]

$$\Delta x = h_{Bx}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[数40]

$$\Delta y = h_{By}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[数41]

$$\Delta x = h_{Cx}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

[数42]

$$\Delta y = h_{Cy}(\psi_y, \tau, E_{1y}, E_{1z'}, E_{2y}, E_{2z'}; X_P, Y_P)$$

(4-2) 変形例2

上述した(2-3)では、切断面 B を走査する場合の超音波振動素子  $A(s, t)$  の各遅延量  $d_{st}$  を、焦点距離  $|p|$  および超音波ビーム UB の走査角度  $\theta$  の多変数関数  $f$  として一意的に決定することができるとする算出方法、すなわち、数式 34 (または数式 35) に示した一般的な公知の算出方法を用いた。

【0174】

しかし、音速を  $c$  としたときに、超音波振動素子  $A(s, t)$  から任意点 P へのベクトル  $A_{stP}$  に基づき、以下の数式 43 を用いた算出方法を利用しても構わない。

【0175】

[数43]

$$d_{st} = \frac{|A_{stP}|}{c}$$

ここで図 9 に示すように、 $x$  を超音波振動素子の  $x$  軸方向の素子ピッチ、 $y$  を超音波振動素子の  $y$  軸方向の素子ピッチとすると、以下の関係式が成立する。

【0176】

[数44]

$$\overrightarrow{OA_{st}} = (s \cdot \delta x) \mathbf{i} + (t \cdot \delta y) \mathbf{j}$$

この数式 44 と上記数式 24 とを用いれば、数式 43 は次の数式 45 に示すように表現される。

【0177】

[数45]

10

20

30

40

$$\begin{aligned}
 d_{st} &= \frac{|\overrightarrow{A_{st}P}|}{c} \\
 &= \frac{|\overrightarrow{OP} - \overrightarrow{OA_{st}}|}{c} \\
 &= \frac{|\mathbf{p} - (s \cdot \delta x)\mathbf{i} - (t \cdot \delta y)\mathbf{j}|}{c} \\
 &= \frac{1}{c} |\overrightarrow{OE_1}| \\
 &\quad + X_p \left( \cos \tau \frac{(\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2})}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}|} + \frac{\sin \tau}{|\overrightarrow{OE_1} \times \overrightarrow{OE_2}| \cdot |\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} \right. \\
 &\quad \cdot \left[ \left\{ |\overrightarrow{OE_2}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right\} \overrightarrow{OE_1} + \left\{ |\overrightarrow{OE_1}|^2 - (\overrightarrow{OE_1} \cdot \overrightarrow{OE_2}) \right\} \overrightarrow{OE_2} \right] \\
 &\quad \left. + Y_p \frac{\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}}{|\overrightarrow{OE_2} - \overrightarrow{OE_1}|} - (s \cdot \delta x)\mathbf{i} - (t \cdot \delta y)\mathbf{j} \right)
 \end{aligned}$$

10

20

ここで、位置ベクトル  $OE_1$  に関する数式 14 および数式 15、並びに、これらと同様の位置ベクトル  $OE_2$  に関する数式から、ベクトル  $i, j, k$  と電極位置  $E_1, E_2$  の位置ベクトルとの関係は、既知の量である角度  $\gamma$ 、第 1 の電極の座標  $(E_{1y}, E_{1z})$ 、第 2 の電極の座標  $(E_{2y}, E_{2z})$  から求められている。

【0178】

ゆえに、数式 45 から、遅延量  $d_{st}$  も既知の量であるベクトル  $i, j, k$ 、角度  $\gamma$ 、角度  $\tau$ 、第 1 の電極位置  $E_1 (E_{1y}, E_{1z})$ 、第 2 の電極位置  $E_2 (E_{2y}, E_{2z})$ 、素子ピッチ  $(x, y)$  と、変数  $(X_p, Y_p)$ 、変数  $(s, t)$  とに基づき求められる。

30

【0179】

切断面  $C$  を走査する場合の超音波振動素子  $A(s, t)$  の各遅延量  $d_{st}$  についても、上述とほぼ同様に求めることができる。

【0180】

(4-3) 変形例 3

上述した (2-1) ~ (2-4) では、再走査する切断面  $B$  を焼灼針 3 を含む面であるとしたが、任意の面であっても構わない。

【0181】

(4-4) 変形例 4

上述した (2-1) ~ (2-4) では再走査する切断面、例えば切断面  $B$  を、2 つの電極位置  $E_1, E_2$  と角度  $\gamma$  を用いて (つまり、2 点と 1 つの方向を用いて) 設定したが、再走査する切断面の設定方法はこの例に限るものではない。例えば、3 点を指定することにより再走査する切断面を設定する方法を採用しても良く、あるいは 1 点と 2 方向とを指定することにより再走査する切断面を設定する方法であっても構わない。

40

【0182】

(4-5) 変形例 5

上述した (2-1) ~ (2-4) では、再走査する切断面  $B$  が平面であるとしていたが、曲面でも良い。

【0183】

50

## ( 4 - 6 ) 変形例 6

上述では超音波振動素子アレイ面 1 2 a として 2 次元平面状をなす形状のものを例に挙げたが、この形状に限定されるものではなく、例えば日本国特許 4 4 8 8 2 8 8 号 (日本国特開 2 0 0 5 - 1 6 8 7 6 8 号公報) の図 7、図 1 0、または図 1 2 に記載されたような、コンベックス曲面状をなす形状のものを用いても構わない。この場合には、画角が広くなって走査範囲が広がる利点がある。

【 0 1 8 4 】

## ( 4 - 7 ) 変形例 7

上述のステップ S 6 では切断面 A の超音波断層像に焼灼針 3 がその中心軸に沿って描出され、この状態でユーザが焼灼針 3 の電極位置の指定を行った。しかし、焼灼針 3 にもと 10  
もと曲がり癖がついていて鉗子チャンネル 1 3 から突出する角度が当初の設計値から微妙に異なって出てしまったり、組織の対象領域へ穿刺したり焼灼したりしている間に対象領域が硬いなどの原因で焼灼針 3 が曲がってしまったりして、一枚の切断面の超音波断層像に焼灼針 3 の全体像が写らない可能性がある。さらに、焼灼針 3 がパイポラ型の場合、2 つの電極の像である明点は切断面 A に同時に描出されない可能性がある。そのような場合には、以下のように作用させても良い。

【 0 1 8 5 】

ユーザは、切断面 A 選択スライダ 5 5 を操作して、各明点が描出されている切断面を探す。

【 0 1 8 6 】

ユーザは、直線設定部としてトラックボール 5 1 や確定キー 5 2 やマウス 6 を操作し、別々の切断面の上で各電極位置の指定を行う。 20

【 0 1 8 7 】

グラフィック回路 2 7 は、各明点が描出されている切断面の超音波断層像に先端側の電極マーカ 3 1 または基端側の電極マーカ 3 2 を重畳して表示する (ステップ S 8 と同様) 。

【 0 1 8 8 】

グラフィック回路 2 7 は、2 つの電極位置を通る直線を切断面 B が含み、かつ、切断面 B の法線が先端側の電極マーカ 3 1 を指定した切断面 A ' (図示せず) に平行になるように、切断面 B の方向を変更する。 30

【 0 1 8 9 】

グラフィック回路 2 7 は、2 つの電極位置を通る直線に対して切断面 C が垂直になり、かつ、切断面 C の上方向が切断面 A ' に平行になるように切断面 C の位置と方向とを変更する。

【 0 1 9 0 】

グラフィック回路 2 7 は、切断面 C の中心が先端側の電極位置と一致するように切断面 C の位置をさらに平行移動して変更する (ステップ S 8 と同様) 。

【 0 1 9 1 】

グラフィック回路 2 7 は、画面 B の超音波断層像にも電極マーカ 3 1 および基端側の電極マーカ 3 2 を重畳して、モニタ 4 に表示させる (ステップ S 9 と同様) 。

【 0 1 9 2 】

このように作用することで、切断面 A ' には焼灼針 3 の全体像が描出されなかった一方、改めて作成した切断面 B には全体像が描出されるために、全体を俯瞰しながら焼灼したり治療効果を判定したりすることができる。

【 0 1 9 3 】

なお、上述においては、図 2 等に示した原点 O が、超音波振動子 1 2 の超音波振動素子アレイ面 1 2 a の中心であるとしたが、中心でない位置であっても構わない。

【 0 1 9 4 】

このような実施形態 1 によれば、設定された切断面に応じて、走査条件設定部が設定する走査条件を変更して再度の走査 (再走査) を行い、再走査で取得された超音波データに 50

基づいて設定された切断面の超音波断層像を生成するようにしたために、音軸に交差する切断面に対応する超音波断層像の空間分解能を向上することができる。従って、切断面 B または切断面 C を変更して新たに設定したとしても、最適化された超音波ビーム UB による再走査が行われ、高い空間分解能の切断面 B または切断面 C の超音波断層像を観察することが可能となる。

【 0 1 9 5 】

また、走査条件の変更を、超音波振動素子の駆動タイミングに係る遅延量を含むように変更しているために、遅延算出回路 2 4 が算出する遅延量を変更するだけで空間分解能を向上した超音波断層像を取得することが可能となる。

【 0 1 9 6 】

このとき、超音波振動子から見た切断面の向きに基づき遅延量を設定することで、切断面の向きに応じた適切な遅延量を設定することができる。また、超音波振動子から切断面までの距離に基づき遅延量を設定することで、切断面までの距離に応じた適切な遅延量を設定することができる。このときさらに、切断面までの距離を、超音波の焦点距離、または超音波の焦点深度により表すことで、超音波ビームの設定に適した距離情報を用いることができる。

【 0 1 9 7 】

さらに、切断面を均等に分割した各点への走査が行われるように遅延量を設定することで、切断面に対応した分解能が従来より均質な超音波断層像を得ることができる。

【 0 1 9 8 】

そして、超音波の送信または受信に係る超音波振動素子の配列範囲の条件を含むように走査条件を変更した場合には、焦点位置における超音波ビーム UB のビーム径を適切に維持することが可能となる。

【 0 1 9 9 】

また、切断面の超音波断層像上において、複数点、または、点および方向、を指定することにより直線を設定し、設定された直線の周りに切断面を回転して新たな切断面を設定する場合には、焼灼針 3 等の処置具を含むような切断面を容易に設定することが可能となる。そして、処置具の周囲において損傷させたくない血管や他臓器の存在を治療前に確認することができ、治療範囲との十分なマージンを確実に確保することが可能となる。

【 0 2 0 0 】

加えて、切断面の超音波断層像上において指定された複数点の座標に基づき、新たな点を算出してマーカを付与し、マーカを切断面の超音波断層像に重畳するようにしたために、例えばバイポーラ型の焼灼針 3 の焼灼中心を焼灼中心マーカとして表示することにより、焼灼中心を容易に確認することが可能となる。こうして、例えば焼灼治療が関心領域における処置対象部位に及んだか否かを、容易に確認することができる。

【 0 2 0 1 】

そして、再走査をボリュームスキャンで行う場合にはマルチフォーカスを行いながらの複数回のスライススキャンが必要となるためにリアルタイム性が低下してしまうが、再走査をスライススキャンのみで行う場合には、フレームレートを（例えばボリュームスキャンの場合の複数倍に）向上してリアルタイム性を向上することが可能となる。

【 0 2 0 2 】

上述の実施形態 1 によれば、入力回路 2 5、CPU 2 9、ビームフォーマ 2 3、遅延算出回路 2 4、グラフィック回路 2 7 は、ユーザによる切断面 B 回転つまみ 5 6 と切断面 C 移動スライダ 5 7 の操作を待機し、操作を受けると直ちに作用する。従って、ユーザが切断面 B を回転させたり、切断面 C を平行移動させたりすると、変更された切断面に対して直ちに再走査が実施される。そのため、ユーザは、切断面を変更すると、それに応じて適切な走査条件で走査された良好な超音波断層像を直ちに観察することができる。特に、分解能に関して、むらのない均質な超音波断層像を、余計な画像調整不要で自動的かつ簡便に、切断面の変更後直ちに観察することができる。よって、焼灼治療中など多忙な状況ではユーザにとって非常に便利である。

10

20

30

40

50

## 【 0 2 0 3 】

[ 付 記 ]

上述したような本発明の実施形態によれば、以下のような構成を得ることができる。あるいは、上述したような本発明の実施形態に、さらに以下のような構成を組み込んでも構わない。

## 【 0 2 0 4 】

( 1 ) 超音波振動素子が 2 次元状に配列された超音波振動子を駆動して超音波ビーム生成し、前記超音波ビームを 3 次元空間内で走査して得たエコーから前記 3 次元空間の超音波データを取得する走査部と、

前記超音波ビームの条件を設定する走査条件設定部と、

前記 3 次元空間内における面内の超音波断層像を生成する断層像生成部と、

を備える超音波診断装置において、

前記超音波データを取得した後に、前記 3 次元空間に対する切断面を設定する切断面設定部をさらに備え、

前記切断面設定部により設定された前記切断面に応じて、前記走査条件設定部が前記超音波走査の条件を変更し、

前記走査条件設定部により変更された前記条件で、前記走査部が前記 3 次元空間内、および / または前記切断面内を前記超音波ビームにより走査して新たな超音波データを取得し、

前記走査部により取得された前記新たな超音波データから、前記断層像生成部が新たな超音波断層像を生成する超音波診断装置。

## 【 0 2 0 5 】

( 2 ) 前記走査条件設定部が設定する前記条件は、前記超音波ビームの焦点深度または焦点距離を含むことを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

## 【 0 2 0 6 】

( 3 ) 前記走査条件設定部が設定する前記条件は、前記超音波ビームの焦点個数を含むことを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

## 【 0 2 0 7 】

( 4 ) 前記走査条件設定部が設定する前記条件は、前記超音波ビームの開口に関わる条件を含むことを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

## 【 0 2 0 8 】

( 5 ) 前記超音波ビームの開口に関わる条件は、送信開口寸法、受信開口寸法、送信素子数、受信素子数の何れかを含むことを特徴とする付記 4 に記載の超音波診断装置。

## 【 0 2 0 9 】

( 6 ) 前記走査条件設定部が設定する前記条件は、超音波エコーに対する周波数フィルタに関わる条件を含むことを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

## 【 0 2 1 0 】

( 7 ) 前記走査条件設定部が設定する前記条件は、超音波エコーに対する S T C に関わる条件を含むことを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

## 【 0 2 1 1 】

( 8 ) ドップラ効果に基づき血流を描出するドップラ処理部と、

前記ドップラ処理部のドップラ走査条件を設定するドップラ走査条件設定部と、

をさらに備え、

前記切断面設定部により設定された前記切断面に応じて、前記ドップラ走査条件設定部が前記ドップラ走査の条件を変更し、

前記ドップラ走査条件設定部により変更された前記条件で、前記走査部が前記 3 次元空間内、および / または前記切断面内を前記超音波ビームにより走査して新たな超音波ドップラデータを取得し、

前記走査部により取得された前記新たな超音波ドップラデータから、前記断層像生成部が前記超音波断層像上に新たな超音波ドップラデータを重畳することを特徴とする付記 1

10

20

30

40

50

に記載の超音波診断装置。

【 0 2 1 2 】

( 9 ) 前記ドップラ走査条件設定部が設定する前記条件は、前記ドップラ走査の繰り返し周波数を含むことを特徴とする付記 8 に記載の超音波診断装置。

【 0 2 1 3 】

( 1 0 ) 前記走査条件設定部が設定する前記条件が、前記走査部が走査する前記超音波ビームの音軸の方向によって異なることを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

【 0 2 1 4 】

( 1 1 ) 前記切断面設定部により設定された前記切断面が、前記超音波振動子における超音波振動素子の配列面の中心軸に対して斜めである場合には、前記走査条件設定部が設定する前記焦点深度、前記焦点距離、前記焦点個数、前記送信開口寸法、前記受信開口寸法、前記送信素子数、前記受信素子数、前記周波数フィルタ、前記 S T C、前記ドップラ走査条件設定部が設定する前記ドップラ走査の繰り返し周波数、の内の少なくとも 1 つが、前記走査部が走査する前記超音波ビームの音軸の方向によって異なることを特徴とする付記 1 0 に記載の超音波診断装置。

10

【 0 2 1 5 】

( 1 2 ) 前記切断面設定部は、前記切断面の位置と方向とを設定することにより、前記切断面を設定することを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

【 0 2 1 6 】

( 1 3 ) 前記切断面設定部は、前記断層像生成部が生成した前記 3 次元空間内の前記超音波断層像上において、複数点、または、点と方向とを指定することにより直線を設定する直線設定部を含み、

20

前記切断面設定部が、前記直線設定部により設定された前記直線の周りに前記切断面を回転して変更可能となるように、前記切断面を設定することを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

【 0 2 1 7 】

( 1 4 ) 前記切断面設定部は、前記断層像生成部が生成した前記 3 次元空間内の前記超音波断層像上において、複数点、または、点と方向とを指定することにより直線を設定する直線設定部を含み、

前記切断面設定部は、前記直線設定部により設定された前記直線に対して垂直な面を前記切断面として設定することを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

30

【 0 2 1 8 】

( 1 5 ) 前記切断面設定部は、前記直線設定部により設定された前記直線に対して垂直な切断面を、前記直線に沿って平行移動可能に設定することを特徴とする付記 1 4 に記載の超音波診断装置。

【 0 2 1 9 】

( 1 6 ) 前記切断面設定部は、前記断層像生成部が生成した前記 3 次元空間内の前記超音波断層像上において複数点を指定する指定部を含み、

前記複数点の座標から算出される新たな点を算出する算出部と、

前記新たな点にマーカを付与し、前記断層像生成部が生成した前記 3 次元空間内の前記超音波断層像上に前記マーカを重畳するマーカ重畳部と、

40

をさらに備えることを特徴とする付記 1 に記載の超音波診断装置。

【 0 2 2 0 】

( 1 7 ) 前記切断面設定部は、前記指定部により指定された前記複数点を通る直線に対して垂直な切断面を、前記直線に沿って平行移動可能に設定し、

前記断層像生成部が前記切断面の超音波断層像を新たに生成し、

前記マーカ重畳部が、前記断層像生成部により新たに生成された前記切断面の前記超音波断層像上において、前記算出部により算出された前記新たな点に対応する位置に前記マーカをさらに重畳することを特徴とする付記 1 6 に記載の超音波診断装置。

【 0 2 2 1 】

50

(18) 前記算出部は、前記新たな点を、前記複数点の内の2点の midpoint とすることを特徴とする付記16に記載の超音波診断装置。

【0222】

(19) 前記指定部により指定される前記複数点は、組み合わせて使用される穿刺針に設けられた電極の位置に対応し、

前記算出部により算出される前記新たな点は、前記電極を用いた焼灼の領域の中心に対応することを特徴とする付記16～18の何れか一項に記載の超音波診断装置。

【0223】

なお、上述では主として超音波診断装置について説明したが、超音波診断装置を上述したように作動させる作動方法であっても良いし、超音波診断装置を上述したように作動させる制御をコンピュータにより行うための制御プログラム、該制御プログラムを記録するコンピュータにより読み取り可能な一時的でない記録媒体、等であっても構わない。

【0224】

また、本発明は上述した実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化することができる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明の態様を形成することができる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除しても良い。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせても良い。このように、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能であることは勿論である。

【0225】

本出願は、2014年9月2日に日本国に出願された特願2014-178308号を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

【要約】

振動素子が2次元状に配列された超音波振動子(12)と、超音波振動子(12)を駆動して3次元走査させ、3次元空間の超音波データを取得するビームフォーマ(23)と、ビームフォーマ(23)の走査条件を設定する遅延算出回路(24)と、3次元空間の超音波データから所定の切断面の超音波断層像を生成するグラフィック回路(27)と、所望の位置に設定した切断面に応じて遅延算出回路(24)に走査条件を変更させるCPU(29)と、を備える超音波診断装置。

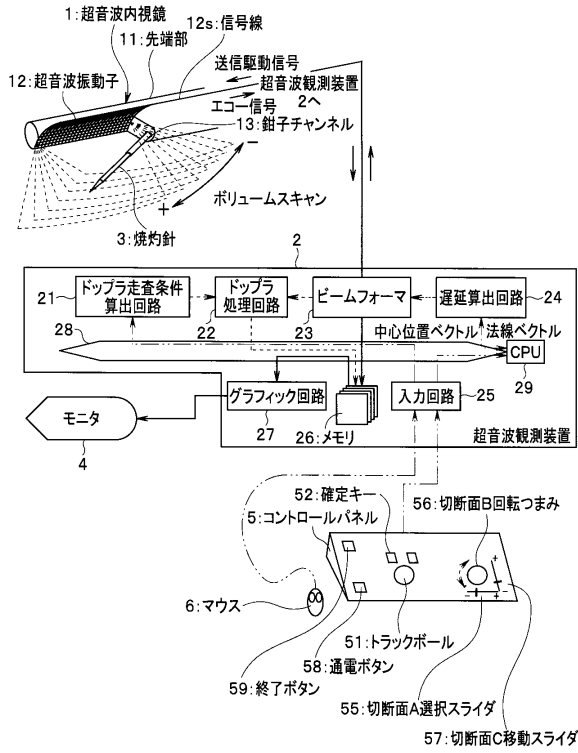
10

20

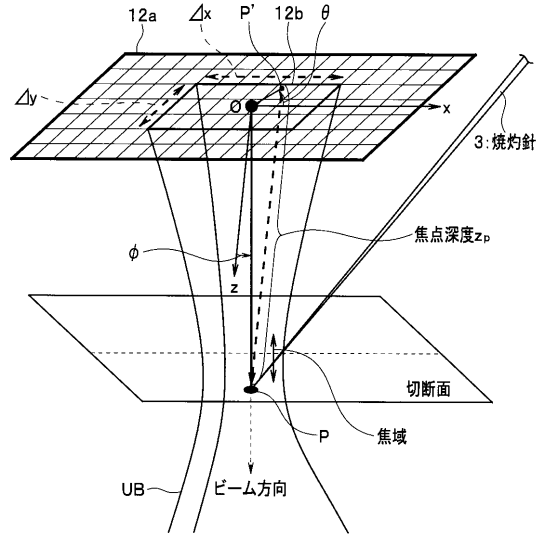
30



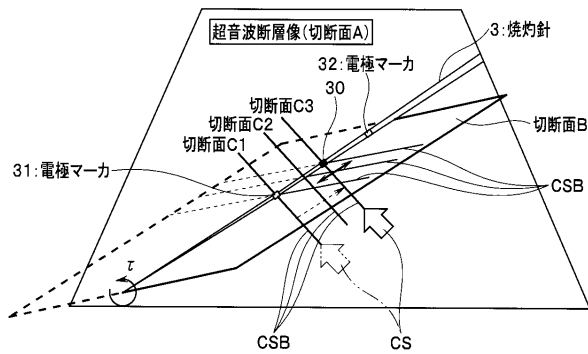
【図1】



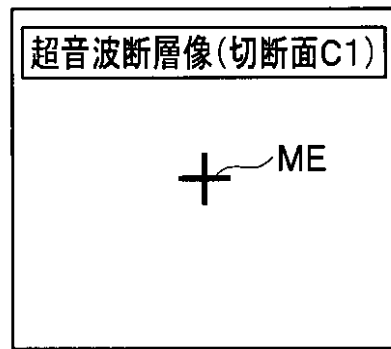
【図2】



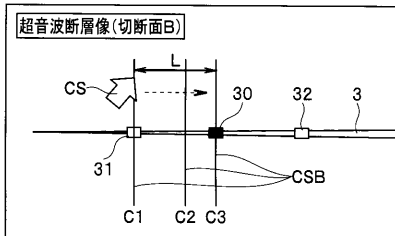
【図3】



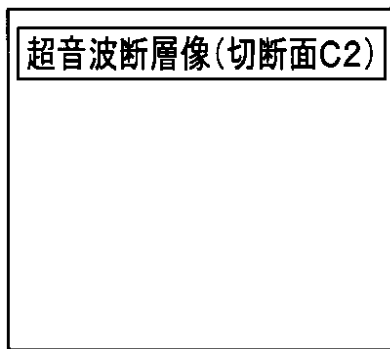
【図5】



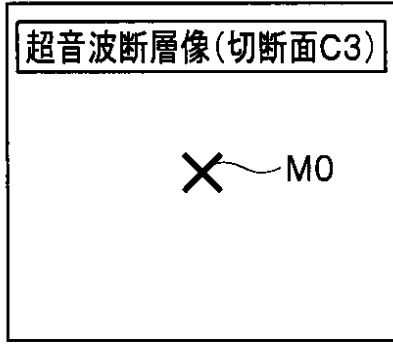
【図4】



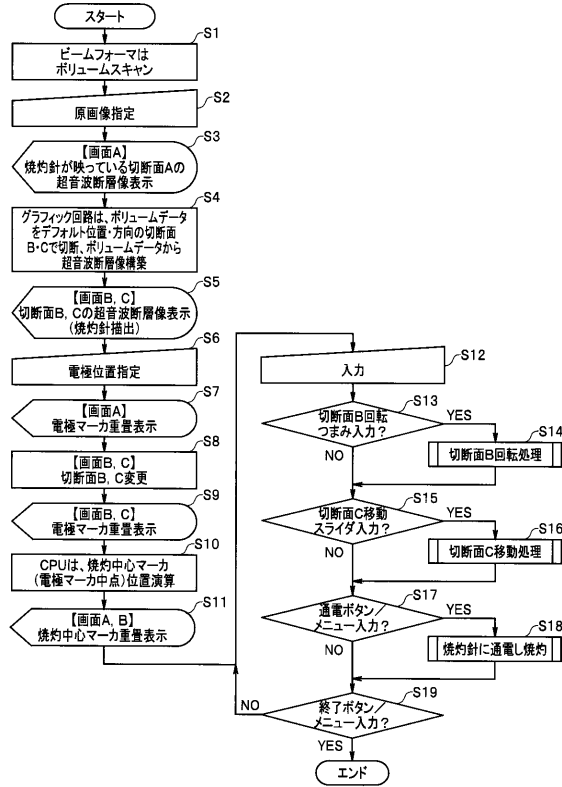
【図6】



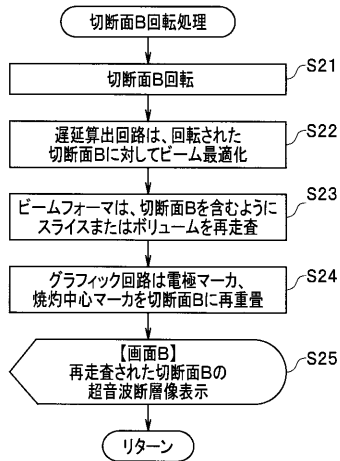
【図7】



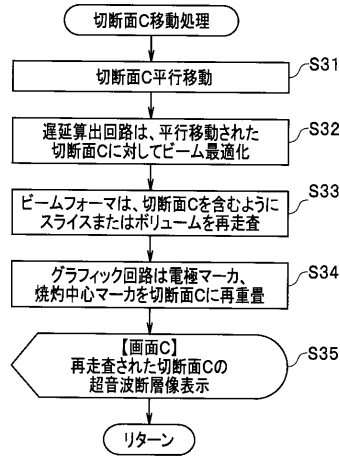
【図8A】



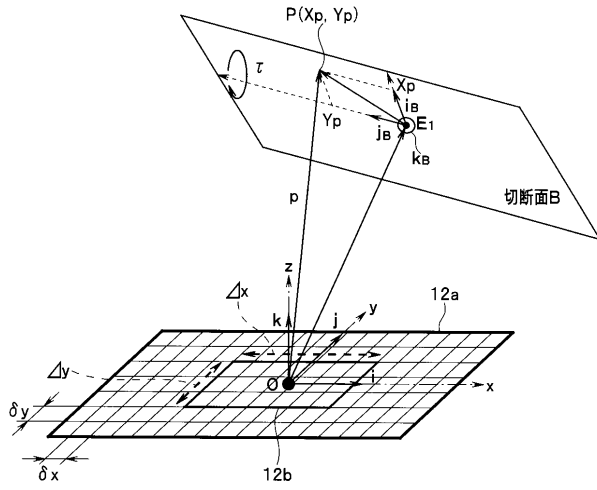
【図8B】



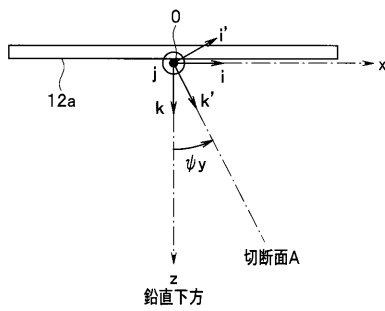
【図8C】



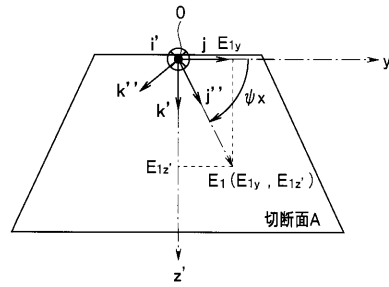
【 図 9 】



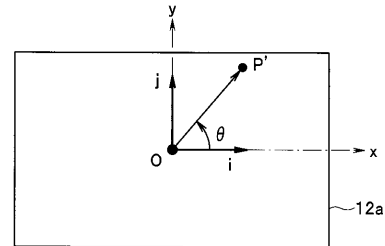
【 図 10 】



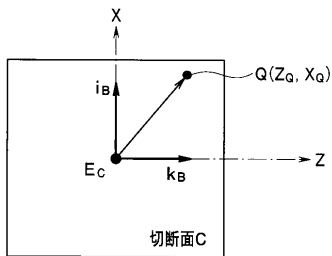
【 図 11 】



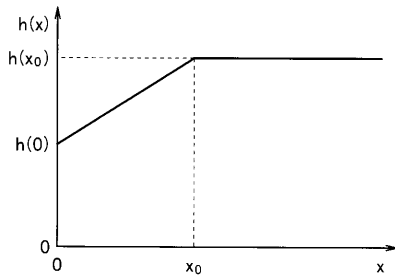
【 図 12 】



【 図 13 】



【 図 14 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 児玉 啓成  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 仁科 研一  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 宮木 浩仲  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 江田 弘孝  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 伊藤 幸仙

- (56)参考文献 特開2007-175431(JP,A)  
特開2000-116651(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	超声诊断设备和操作超声诊断设备的方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP5855804B1</a>	公开(公告)日	2016-02-09
申请号	JP2015539985	申请日	2015-04-02
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	川島知直 松井祥一 児玉啓成 仁科研一 宮木浩仲 江田弘孝		
发明人	川島 知直 松井 祥一 児玉 啓成 仁科 研一 宮木 浩仲 江田 弘孝		
IPC分类号	A61B8/14 A61B8/12		
FI分类号	A61B8/14 A61B8/12		
代理人(译)	伊藤 进 长谷川 靖 ShinoUra修		
优先权	2014178308 2014-09-02 JP		
其他公开文献	JPWO2016035370A1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

**摘要(译)**  
 二维地布置有振动元件的超声换能器 ( 12 ) 和驱动超声换能器 ( 12 ) 执行三维扫描并在三维空间中获取超声数据的波束形成器 ( 23 ) 延迟计算电路 ( 24 ) , 用于设置波束形成器 ( 23 ) 的扫描条件 ; 图形电路 ( 27 ) , 用于根据三维空间中的超声数据生成预定切割面的超声断层图像 , 以及所需的 1 , 一种超声波诊断装置 , 其特征在于 , 具有 : CPU ( 29 ) , 其使延迟运算电路 ( 24 ) 根据在一定位置上设定的切割面来改变扫描条件。

(21) 出願番号	特願2015-539985 (P2015-539985)	(73) 特許権者	000000376
(86) (22) 出願日	平成27年4月2日 (2015.4.2)		オリンパス株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/060458		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
審査請求日	平成27年8月10日 (2015.8.10)	(74) 代理人	100076233
(31) 優先権主張番号	特願2014-178308 (P2014-178308)		弁理士 伊藤 進
(32) 優先日	平成26年9月2日 (2014.9.2)	(74) 代理人	100101661
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 長谷川 靖
早期審査対象出願		(74) 代理人	100135832
			弁理士 篠浦 治
		(72) 発明者	川島 知直
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
			オリンパス株式会社内
		(72) 発明者	松井 祥一
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
			オリンパス株式会社内