

(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2013-269
(P2013-269A)

(43) 公開日 平成25年1月7日(2013.1.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 18/00 (2006.01)	A 6 1 B 17/36 3 3 0	4 C 0 9 9
A 6 1 F 7/00 (2006.01)	A 6 1 F 7/00 3 2 2	4 C 1 6 0
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2011-133063 (P2011-133063) 平成23年6月15日 (2011. 6. 15)	(71) 出願人 000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 (74) 代理人 100108855 弁理士 蔵田 昌俊 (74) 代理人 100159651 弁理士 高倉 成男 (74) 代理人 100091351 弁理士 河野 哲 (74) 代理人 100088683 弁理士 中村 誠 (74) 代理人 100109830 弁理士 福原 淑弘 (74) 代理人 100075672 弁理士 峰 隆司
		最終頁に続く

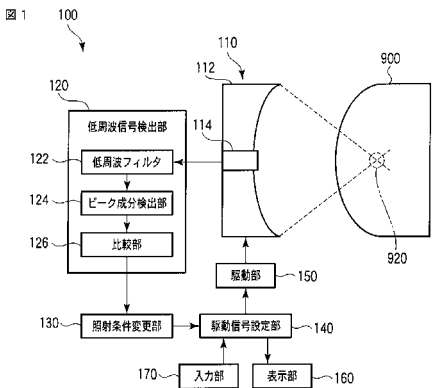
(54) 【発明の名称】 超音波照射装置及び超音波の照射方法

(57) 【要約】

【課題】 不要なキャピテーションの発生を抑制する超音波照射装置を提供する。

【解決手段】 超音波射出部 1 1 2 は、駆動信号設定部 1 4 0 によって作成された駆動信号に基づき、駆動部 1 5 0 によって駆動され、駆動周波数を有する超音波を射出する。超音波受信部 1 1 4 は、前記超音波の射出方向から到来する超音波を受信する。超音波受信部 1 1 4 が受信した信号は、低周波信号検出部 1 2 0 内の低周波フィルタ 1 2 2 とピーク成分検出部 1 2 4 とによって、駆動周波数よりも低い低周波成分の音波の周波数と強度とを取得する。比較部 1 2 6 は、取得した低周波成分の音波の周波数と強度とに基づいて、キャピテーション気泡群が発生したか否かを判定する。キャピテーション気泡群が発生したら、照射条件変更部 1 3 0 は、駆動信号設定部 1 4 0 に駆動信号を変更させる。このようにして超音波照射装置 1 0 0 は、キャピテーション気泡群の発生を防止する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波設定値に基づいて、対象部位に向けて周波数が f (f は正の実数) である第 1 の周波数成分を含む第 1 の超音波を射出する超音波射出部と、

前記対象部位方向から到来する第 2 の超音波を受信する超音波受信部と、

前記第 2 の超音波に含まれる周波数が f / r (r は 2 より大きい実数) 以下の低周波信号を検出する低周波信号検出部と、

前記低周波信号に基づいて、前記超音波設定値を変更させる条件変更部と、

を具備することを特徴とする超音波照射装置。

【請求項 2】

前記超音波設定値の変更は、前記第 1 の超音波の射出を停止させる変更であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波照射装置。

【請求項 3】

前記超音波設定値の変更は、前記第 1 の超音波の強度を低下させる変更であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波照射装置。

【請求項 4】

前記低周波信号検出部が所定の閾値以上の強度を有する前記低周波信号を検出したら、前記条件変更部は前記超音波設定値を変更させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 5】

前記低周波信号検出部が所定の閾値以上の強度を有する前記低周波信号を検出してから所定の時間が経過したら、前記条件変更部は前記超音波設定値を変更させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 6】

前記低周波信号検出部が所定の閾値以上の強度を有する前記低周波信号を検出し該低周波信号の周波数が所定の値だけ低下したことを検出したら、前記条件変更部は前記超音波設定値を変更させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 7】

前記低周波信号検出部が所定の閾値以上の強度を有する前記低周波信号を検出し該低周波信号の周波数が所定値以下になったことを検出したら、前記条件変更部は前記超音波設定値を変更させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 8】

前記低周波信号検出部が所定の閾値以上の強度を有する前記低周波信号を検出し該低周波信号の強度が所定の値だけ変化したことを検出したら、前記条件変更部は前記超音波設定値を変更させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 9】

前記 r は 4 であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 10】

前記第 1 の超音波は、周波数が前記 f である前記第 1 の周波数成分と、周波数が f' (f' は f よりも小さな正の実数) である第 2 の周波数成分とを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 11】

前記第 1 の超音波は、周波数が前記 f である前記第 1 の周波数成分と、周波数が f' (f' は f よりも小さな正の実数) である第 2 の周波数成分とを含み、

前記低周波信号検出部が、 f / r よりも低い周波数を有し所定の閾値以上の強度を有する第 1 の低周波信号と、該第 1 の低周波信号と異なる f' / r よりも低い周波数を有し所

10

20

30

40

50

定の閾値以上の強度を有する第 2 の低周波信号とである 2 つの前記低周波信号を検出したら、前記条件変更部は前記超音波設定値を変更させることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波照射装置。

【請求項 1 2】

前記第 1 の超音波は、周波数が前記 f である前記第 1 の周波数成分と、周波数が f' (f' は f よりも小さな正の実数) である第 2 の周波数成分とを含み、

前記低周波信号検出部が f/r よりも低い周波数を有し所定の閾値以上の強度を有する第 1 の低周波信号を検出したら、前記条件変更部は前記第 1 の超音波の強度を低下させ、

前記低周波信号検出部が前記第 1 の低周波信号と異なる f'/r よりも低い周波数を有し所定の閾値以上の強度を有する第 2 の低周波信号を検出したら、又は該第 2 の低周波数信号が所定の変化をしたことを検出したら、前記条件変更部は前記第 1 の超音波の射出を停止させる、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波照射装置。

【請求項 1 3】

$f = 2 \times f'$ であることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 2 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 1 4】

前記条件変更部が前記超音波設定値を変更させることをユーザに報知する報知部をさらに具備することを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 1 5】

前記超音波を反射又は散乱させる微小物質を、前記対象部位に注入する注入部をさらに具備することを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のうち何れか 1 項に記載の超音波照射装置。

【請求項 1 6】

超音波を射出する超音波射出部と、超音波を受信する超音波受信部とを備える超音波照射装置を用いた超音波の照射方法であって、

前記超音波射出部から対象部位に向けて射出する第 1 の超音波が含むべき第 1 の周波数 f (f は実数) を設定するための周波数設定値を含む超音波設定値を設定し、

前記超音波設定値に基づいて、前記超音波射出部に前記第 1 の超音波を射出させ、

前記対象部位方向から到来する第 2 の超音波を前記超音波受信部に受信させ、

前記第 2 の超音波に含まれる周波数が f/r (r は 2 より大きい実数) 以下の低周波信号を抽出し、

前記低周波信号のピーク値及び該ピーク値を示すピーク周波数を取得し、

前記ピーク値及び前記ピーク周波数を予め設定された閾値と比較することで、前記対象部位よりも前記超音波射出部側の領域におけるキャビテーションの発生状態を判定し、

前記判定の結果に基づいて、前記超音波設定値を変更させる、

ことを特徴とする超音波の照射方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波照射装置及び超音波の照射方法に関する。

【背景技術】

【0002】

媒質に対して強力な超音波を照射すると、その媒質中で大きな負圧が生じ、キャビテーションが発生する。キャビテーションの発生により生じる衝撃波やマイクロジェット等の効果で、例えば生体組織の破碎や加熱凝固を行えることが知られている。近年、このようなキャビテーションによる生体組織の破碎や加熱凝固を、治療用の処置に応用する技術が注目されている。

【0003】

例えば特許文献 1 には、次のような治療用超音波装置に係る技術が開示されている。こ

10

20

30

40

50

の治療用超音波装置は、周波数 f の集束する第 1 の超音波を生体の表面から生体内部の所望の部位に向けて断続的に照射する手段を有する。この治療用超音波装置では、集束超音波を照射することにより、生体内に注入された光増感性物質又はキレート生成能を有する物質を局所的に抗癌活生化させる。また、キャビテーションにより、第 1 の超音波の分調波成分（周波数が $f/2$ の成分）又は高調波成分（周波数が $2nf$ （ n は自然数）の成分）が放射される。そこで、この治療用超音波装置は、分調波成分や高調波成分を受信してそれら超音波の放射位置を検出する位置検出手段を有する。また、例えば特許文献 2 には、次のような治療用超音波装置に係る技術が開示されている。治療用の集束超音波の照射位置を、マーク手段によって画面表示部に表示しておく。一方、トランスデューサ 2 を治療部位近傍で固定し、駆動手段 12 で駆動する。そして、治療用の集束超音波の照射期間中に治療用の集束超音波の照射位置がトランスデューサ 2 の位置からずれたときに、その集束超音波の照射を停止する治療用超音波装置に係る技術が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 2741907 号公報

【特許文献 2】特許第 4095729 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

上記のような超音波照射装置において、目標位置の近傍にキャビテーションが発生すると、そのキャビテーションに由来する気泡が照射超音波の目標位置への到達を妨げてしまう。そのため、例えば、照射超音波がキャビテーション気泡によって反射され、目標位置とは異なる位置に収束することや、キャビテーション自体によって、目標位置以外の組織に対して損傷を与えかねない。

【0006】

そこで本発明は、目標位置以外におけるキャビテーションの発生を素早く抑制する超音波照射装置及び超音波の照射方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

30

前記目的を果たすため、本発明の超音波照射装置の一態様は、超音波設定値に基づいて、対象部位に向けて周波数が f （ f は正の実数）である第 1 の周波数成分を含む第 1 の超音波を射出する超音波射出部と、前記対象部位方向から到来する第 2 の超音波を受信する超音波受信部と、前記第 2 の超音波に含まれる周波数が f/r （ r は 2 より大きい実数）以下の低周波信号を検出する低周波信号検出部と、前記低周波信号に基づいて、前記超音波設定値を変更させる条件変更部とを具備することを特徴とする。

【0008】

また、前記目的を果たすため、本発明の超音波の照射方法の一態様は、超音波を射出する超音波射出部と、超音波を受信する超音波受信部とを備える超音波照射装置を用いた超音波の照射方法であって、前記超音波射出部から対象部位に向けて射出する第 1 の超音波が含むべき第 1 の周波数 f （ f は実数）を設定するための周波数設定値を含む超音波設定値を設定し、前記超音波設定値に基づいて、前記超音波射出部に前記第 1 の超音波を射出させ、前記対象部位方向から到来する第 2 の超音波を前記超音波受信部に受信させ、前記第 2 の超音波に含まれる周波数が f/r （ r は 2 より大きい実数）以下の低周波信号を抽出し、前記低周波信号のピーク値及び該ピーク値を示すピーク周波数を取得し、前記ピーク値及び前記ピーク周波数を予め設定された閾値と比較することで、前記対象部位よりも前記超音波射出部側の領域におけるキャビテーションの発生状態を判定し、前記判定の結果に基づいて、前記超音波設定値を変更させる、ことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0009】

50

本発明によれば、超音波照射対象部位から到来する超音波を受信し、その超音波に含まれる低周波信号に基づいて超音波設定値を変更するので、目標位置以外におけるキャビテーションの発生を素早く抑制する超音波照射装置及び超音波の照射方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】第 1 の実施形態に係る超音波照射装置の構成例を示す図。

【図 2】第 1 の実施形態に係る超音波照射装置の動作例を示すフローチャート。

【図 3】超音波照射によって生じるキャビテーション気泡群の一例を説明するための図。

【図 4】第 1 の実施形態に係る超音波受信部が受信する超音波の、時間と周波数と強度との関係の一例を示す図。

10

【図 5】第 1 の実施形態に係る超音波受信部が受信する超音波の、時間と周波数と強度との関係の一例を示す図。

【図 6】第 1 のピークの強度の時間変化の一例を示す図。

【図 7】第 1 の実施形態の変形例に係る超音波照射装置の動作例を示すフローチャート。

【図 8】第 1 のピークの周波数の時間変化の一例を示す図。

【図 9】本発明の第 2 の実施形態に係る超音波照射装置の駆動信号設定部周辺の構成例を示す図。

【図 10】第 2 の実施形態に係る超音波受信部が受信する超音波の、時間と周波数と強度との関係の一例を示す図。

【図 11】第 1 のピーク及び第 2 のピークの強度の時間変化の一例を示す図。

20

【図 12】第 2 の実施形態に係る超音波照射装置の動作例を示すフローチャート。

【図 13】第 1 のピーク及び第 2 のピークの周波数の時間変化の一例を示す図。

【図 14】第 2 の実施形態の変形例に係る超音波照射装置の駆動信号設定部周辺の構成例を示す図。

【図 15】本発明の第 3 の実施形態に係る超音波照射装置の構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

[第 1 の実施形態]

本発明の第 1 の実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態に係る超音波照射装置 100 は、例えば臓器の所望の箇所に集束超音波を照射し、その所望の箇所の組織を加熱凝固させるために用いられる。超音波照射装置 100 の構成を図 1 に示す。この図に示すように、超音波照射装置 100 は、超音波入出力部 110 と、低周波信号検出部 120 と、照射条件変更部 130 と、駆動信号設定部 140 と、駆動部 150 と、表示部 160 と、入力部 170 とを有する。

30

【 0 0 1 2 】

超音波入出力部 110 は、超音波射出部 112 と、超音波受信部 114 とを有する。超音波射出部 112 は、例えば凹面型の表面形状を有する圧電素子である。この圧電素子を挟んで対向するように、凹面側と凸面側に沿って、図示しない電極がそれぞれ形成されている。超音波射出部 112 は、駆動部 150 によって電極間に交流電圧を印加されることで駆動され、集束超音波（第 1 の超音波）を射出する。超音波射出部 112 は、例えば超音波照射対象物 900 に向けられる。このとき、集束超音波は、超音波照射対象物 900 内において焦点 920 に集束する。

40

【 0 0 1 3 】

超音波受信部 114 は、例えば広帯域特性を有する圧電素子であり、ハイドロホンとして機能する。すなわち、超音波受信部 114 は、焦点 920 及びその近傍から放射され超音波入出力部 110 に入射する音波を受信する。このとき、受信する音波には、集束超音波によって生じたキャビテーション気泡からの音波も含まれている。超音波受信部 114 は、受信した音波に応じた信号を低周波信号検出部 120 に出力する。超音波受信部 114 は、例えば超音波射出部 112 の射出面中央に設けられている。超音波受信部 114 の位置は、超音波射出部 112 の中央に限定されるものではない。超音波受信部 114 は、

50

超音波照射対象物 900 から到来する音波を検出できる構成であれよい。

【0014】

低周波信号検出部 120 は、低周波フィルタ 122 と、ピーク成分検出部 124 と、比較部 126 とを有する。超音波受信部 114 から出力された受信信号は、低周波フィルタ 122 に入力される。低周波フィルタ 122 は、超音波受信部 114 から入力された受信信号のうち、所望の周波数以下の周波数成分の受信信号が通過するように設定されている。ここで、所望の周波数は、超音波射出部 112 から射出される超音波の周波数を f (f は実数) としたときに、例えば $f/4$ とする。ピーク成分検出部 124 は、低周波フィルタ 122 を通過した受信信号の低周波成分、すなわち低周波信号を FFT 処理する。このようにしてピーク成分検出部 124 は、低周波信号における周波数毎の信号強度、特にピークをとる周波数とその強度を所定の時刻毎に算出する。比較部 126 は、ピーク成分検出部 124 で算出された周波数毎の信号強度と予め設定された設定値との比較を行い、その結果を照射条件変更部 130 に出力する。

10

【0015】

照射条件変更部 130 は、低周波信号検出部 120 からの入力に応じて、集束超音波の照射停止の指示、又は集束超音波の超音波設定値 (変更値) を駆動信号設定部 140 に出力する。駆動信号設定部 140 は、入力部 170 から入力されるユーザの指示に基づいて、集束超音波の超音波設定値 (初期値) を設定し、その周波数や強度に基づく駆動信号を作成する。また、駆動信号設定部 140 は、照射条件変更部 130 から入力された超音波設定値 (変更値) に基づいて、駆動信号を作成する。駆動信号設定部 140 は、作成した駆動信号を駆動部 150 に出力する。また、駆動信号設定部 140 は、照射条件変更部 130 から入力された信号に基づいて集束超音波の照射条件を変更するときは、その変更内容を表示部 160 に表示させ、ユーザにその内容を報知する。この変更内容を、音を用いてユーザに報知するようにしてもよい。駆動部 150 は、駆動信号設定部 140 から入力された駆動信号に基づいて、超音波射出部 112 を駆動する。なお、超音波設定値とは、周波数や強度などの照射パラメータの種類や照射パラメータの値、あるいは治療や処置の術式等のことであって、これらは照射条件でもある。以下の説明では、これらの用語を適宜使って説明している。

20

【0016】

表示部 160 は、駆動信号設定部 140 の制御下で、集束超音波の照射条件等を表示する。入力部 170 は、ユーザの指示を受け取り、その指示を駆動信号設定部 140 に出力する。ユーザは、表示部 160 に表示される情報から超音波照射装置 100 の状況や、集束超音波の情報を知ることができる。またユーザは、入力部 170 を介して、集束超音波の照射の開始及び終了の情報や、集束超音波の超音波設定値を超音波照射装置 100 に入力することができる。

30

【0017】

このように、例えば超音波射出部 112 は、超音波設定値に基づいて、対象部位に向けて周波数が f (f は正の実数) である第 1 の周波数成分を含む第 1 の超音波を射出する超音波射出部として機能し、例えば超音波受信部 114 は、対象部位方向から到来する第 2 の超音波を受信する超音波受信部として機能し、例えば低周波信号検出部 120 は、第 2 の超音波に含まれる周波数が f/r (r は 2 より大きい実数) 以下の低周波信号を検出する低周波信号検出部として機能し、例えば照射条件変更部 130 は、低周波信号に基づいて超音波設定値を変更させる条件変更部として機能する。また、表示部 160 は、条件変更部が超音波設定値を変更させることをユーザに報知する報知部として機能する。

40

【0018】

本実施形態に係る超音波照射装置 100 の動作を、図 2 に示すフローチャートを参照して説明する。まず、ユーザは超音波照射対象物 900 に超音波入出力部 110 を向ける。ここで、超音波照射対象物 900 と超音波入出力部 110 との間には、カップリング材を挟むようにしてもよい。このカップリング材は、超音波照射対象物 900 と超音波入出力部 110 との音響インピーダンスを整合させるためのものである。また、超音波照射対象

50

物 9 0 0 には、予め例えば超音波造影剤としてのソナゾイド（登録商標）等を投与しておいてもよい。

【 0 0 1 9 】

ステップ S 1 0 1 において、駆動信号設定部 1 4 0 は、入力部 1 7 0 からユーザの指示を取得し、その指示に基づいて集束超音波の超音波設定値を設定する。より詳しくは以下のとおりである。ユーザは、入力部 1 7 0 を用いて超音波照射装置 1 0 0 に、超音波照射対象物 9 0 0 に照射する集束超音波の超音波設定値を入力する。ここで、超音波設定値は、上記のように、照射パラメータの種類、照射パラメータの値、治療や処置の術式等である。例えば、照射パラメータの種類と照射パラメータの初期値をユーザが直接入力（選択）してもよいし、ユーザが治療や処置の術式等を入力し、その術式に応じて照射パラメータの種類や照射パラメータの初期値を駆動信号設定部 1 4 0 が設定するようにしてもよい。入力部 1 7 0 は、入力された超音波設定値を駆動信号設定部 1 4 0 に出力する。駆動信号設定部 1 4 0 は、入力部 1 7 0 から入力された超音波設定値に基づいて、集束超音波の照射パラメータの種類や照射パラメータの初期値を設定する。駆動信号設定部 1 4 0 は、設定された初期値に基づいて、駆動部 1 5 0 に出力する駆動信号を作成する。なお、照射パラメータの種類は、超音波の強度や周波数に限られない。

10

【 0 0 2 0 】

ステップ S 1 0 2 において、駆動信号設定部 1 4 0 は、駆動部 1 5 0 に駆動信号を出力し、超音波射出部 1 1 2 から集束超音波を射出させる。より詳しくは以下のとおりである。ユーザは、入力部 1 7 0 を用いて超音波照射装置 1 0 0（駆動信号設定部 1 4 0）に集束超音波の射出開始の指示を入力する。集束超音波の射出開始の指示が入力された駆動信号設定部 1 4 0 は、駆動信号を駆動部 1 5 0 に出力する。駆動部 1 5 0 は、駆動信号設定部 1 4 0 から入力された駆動信号を増幅し、超音波射出部 1 1 2 に駆動信号に基づいた交流信号を印加する。超音波射出部 1 1 2 は、駆動部 1 5 0 から印加された交流信号に基づいて駆動される。すなわち、超音波射出部 1 1 2 は振動する。その結果、超音波射出部 1 1 2 から超音波照射対象物 9 0 0 に向けて集束超音波が射出される。ここで、集束超音波の周波数を f （ f は実数）とする。

20

【 0 0 2 1 】

集束超音波は、焦点 9 2 0 に集束する。集束超音波の照射によって焦点 9 2 0 において、キャビテーションが発生する。焦点 9 2 0 において、例えばこのキャビテーションによる加熱によって組織が凝固する。集束超音波の照射によって生じるキャビテーション気泡群の様子を図 3 に示す。図 3 に示す画像は、集束超音波をしばらく照射してその後停止した直後に、超音波診断装置で取得した画像である。図 3 において、焦点 9 2 0 は、キャビテーションを発生させて加熱凝固させたい部位である。超音波照射を長時間継続すると、焦点 9 2 0 よりも超音波入出力部 1 1 0 側を含む領域 9 4 0 に、キャビテーション気泡群が発生している。図 3 の画像では、キャビテーション気泡群は白く認められ、焦点 9 2 0 から左側に扇状に広がっている。このキャビテーション気泡群は、集束超音波の照射時間の経過とともにその量が増えていく。これらのキャビテーション気泡群は、集束超音波の照射を停止すると、ただちに消滅し超音波診断装置では認識できない状態になる。

30

【 0 0 2 2 】

キャビテーション気泡は、その大きさが超音波診断装置で取得する画像では認識できない程度であれば、焦点 9 2 0 における組織の加熱凝固を促進させる効果を示す。一方、キャビテーション気泡は、その大きさが超音波診断装置で取得する画像で認識できるほどの大きさに成長すると、キャビテーション気泡群を形成する。このようになると、焦点 9 2 0 よりも超音波入出力部 1 1 0 側を含む領域 9 4 0 が加熱凝固されてしまう。すなわち、治療処置すべきでない部位の組織に損傷を与えてしまう。したがって、安全に治療や処置を行うためには、キャビテーション気泡の状態に応じて、タイミングよく集束超音波の出力強度を変化させたり、集束超音波の射出を停止させたりする必要がある。本実施形態では、超音波受信部 1 1 4 で受信した音波の情報に基づいて、集束超音波の射出を停止させる。

40

50

【 0 0 2 3 】

ステップ S 1 0 3 において、低周波信号検出部 1 2 0 は、受信音波を解析する。より詳しくは以下のとおりである。超音波受信部 1 1 4 は、焦点 9 2 0 方向から到来する音波を受信する。超音波受信部 1 1 4 は、特にキャビテーション気泡群に由来する音波を受信することになる。超音波受信部 1 1 4 は、受信した信号を、低周波信号検出部 1 2 0 の低周波フィルタ 1 2 2 に出力する。

【 0 0 2 4 】

低周波信号検出部 1 2 0 において低周波フィルタ 1 2 2 は、超音波受信部 1 1 4 から入力された信号のうち、所望の周波数以下の周波数の受信信号（低周波信号）を抽出する。低周波フィルタ 1 2 2 は、抽出した低周波信号をピーク成分検出部 1 2 4 に出力する。ピーク成分検出部 1 2 4 は、低周波フィルタ 1 2 2 を通過した低周波信号を F F T 解析し、周波数毎の信号強度、特にピークをとる周波数とその強度を所定の時刻毎に算出し、比較部 1 2 6 に出力する。

【 0 0 2 5 】

本実施形態では、例として低周波フィルタ 1 2 2 で周波数 $f / 4$ 以下の低周波信号を抽出し、それを解析することでキャビテーション気泡群の発生を判定する。このため、低周波フィルタ 1 2 2 は、周波数 $f / 4$ 以下の低周波信号を透過するローパスフィルタとする。なお、低周波フィルタ 1 2 2 のカットオフ周波数は、これに限らず、 $f / 2$ より小さければよい。ただし低周波フィルタ 1 2 2 のカットオフ周波数は、 $f / 5$ 以上であることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

超音波受信部 1 1 4 が受信する音波のうち、キャビテーション気泡群から発せられる音波の周波数及び強度の時間変化の一例を図 4 及び図 5 に示す。図 4 は、照射開始後の経過時間と周波数と強度との関係を 3 次元グラフに示し、図 5 は、照射時間毎に、周波数と強度との関係を 2 次元グラフに示している。ここで、集束超音波の周波数、すなわち駆動周波数は f である。照射時間は、集束超音波の照射開始時刻を t_0 とし、その後 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 と時間が経過するものとする。図 5 (a) は時刻 t_0 における周波数と強度との関係を示し、図 5 (b) は時刻 t_1 及び t_2 における周波数と強度との関係を示し、図 5 (c) は時刻 t_3 及び t_4 における周波数と強度との関係を示す。

【 0 0 2 7 】

集束超音波の照射開始時（時刻 t_0 ）においては、駆動周波数 f に対応するピークのみが超音波受信部 1 1 4 によって検出される。集束超音波の照射開始から時間が経過した時刻 t_1 においては、駆動周波数 f の成分に加えて、駆動周波数の約 $1 / 6$ 倍の周波数 $f / 6$ 近傍にピークが認められる。この周波数 $f / 6$ 近傍のピークを第 1 のピークと称することにする。第 1 のピークの発生は、キャビテーション気泡群の発生に起因する。さらに時間が経過した時刻 t_2 のとき、第 1 のピークの強度は、時刻 t_1 の時よりも高くなり、キャビテーション気泡群が成長していることがわかる。

【 0 0 2 8 】

さらに時間が経過（時刻 t_3 及び時刻 t_4 ）すると、第 1 のピークの周波数が徐々に低下する。例えば数十秒間超音波照射を継続すると、第 1 のピークの周波数は、 $f / 6$ 近傍から $f / 8$ 近傍まで低下する。このように、ピーク周波数は、時間経過につれて連続的に低下していく。このようなピーク周波数の低下は、キャビテーション気泡群の気泡の大きさが大きくなることに由来している。このため、ピーク周波数とキャビテーション気泡群の成長との間には強い相関がある。なお、集束超音波の照射時間が増加すると、周波数 $f / 2$ 近傍にもピークが認められるようになる。この周波数 $f / 2$ のピークは、駆動周波数 f の分調波に相当する。なお、周波数 $f / 2$ 近傍のピークの強度は、第 1 のピークの強度よりも低い。

【 0 0 2 9 】

第 1 のピークの強度の時間変化を図 6 に示す。この図に示すように、キャビテーションの発生時である時刻 t_2 において強度が一端高くなり、その後低下する。この低下の後、

第 1 のピークの強度は高低に変化するが、そのベースラインは図 6 中に破線で示すように徐々に高くなる。

【 0 0 3 0 】

ステップ S 1 0 4 において、低周波信号検出部 1 2 0 の比較部 1 2 6 は、取得した低周波信号に基づいて、キャビテーション気泡群が発生したか否かを判定する。より詳しくは以下のとおりである。例えば、図 5 に示すように、比較部 1 2 6 に閾値 $T_h 1$ を設定しておく。ピーク成分検出部 1 2 4 によって検出される低周波信号の第 1 のピークの強度、すなわち周波数 $f / 6$ 近傍のピークの強度が、閾値 $T_h 1$ よりも高くなったとき、比較部 1 2 6 はキャビテーション気泡群が発生したと判定する。ここで閾値 $T_h 1$ は、ノイズレベルよりも十分に高い値が設定される。例えば閾値 $T_h 1$ は、ノイズレベルの 2 倍等とすることができる。

10

【 0 0 3 1 】

なお、図 4 及び図 5 では、駆動周波数 f のピークやその分調波である周波数 $f / 2$ のピークも示しているが、低周波信号検出部 1 2 0 における処理では、低周波フィルタ 1 2 2 によって例えば周波数 $f / 4$ 以上の信号は遮断されている。すなわち、低周波フィルタ 1 2 2 のカットオフ周波数を $f / 2$ よりも小さくすることで、駆動周波数 f の信号やその分調波である周波数 $f / 2$ の信号がピーク成分検出部 1 2 4 に入力されないようにすることができる。

【 0 0 3 2 】

ステップ S 1 0 4 の判定でキャビテーション気泡群が発生していないと判定されれば、処理はステップ S 1 0 2 に戻され、超音波照射装置 1 0 0 は照射条件を変更せずに集束超音波の照射を継続する。一方、ステップ S 1 0 4 の判定でキャビテーション気泡群が発生していると判定されれば、ステップ S 1 0 5 において、超音波照射装置 1 0 0 は、集束超音波の照射を停止する。より詳しくは以下のとおりである。キャビテーション気泡群が発生しているとの情報が、比較部 1 2 6 から照射条件変更部 1 3 0 に入力される。この情報を受領した照射条件変更部 1 3 0 は、超音波射出部 1 1 2 からの集束超音波の射出を停止するように駆動信号設定部 1 4 0 に指示を出力する。駆動信号設定部 1 4 0 は、照射条件変更部 1 3 0 からの指示に基づいて、駆動部 1 5 0 への駆動信号の出力を停止する。その結果、超音波射出部 1 1 2 は、集束超音波の射出を停止する。この際、駆動信号設定部 1 4 0 は、表示部 1 6 0 に集束超音波の射出を停止する旨の表示をさせる。その後、超音波照射装置 1 0 0 は、処理を終了する。

20

30

【 0 0 3 3 】

本実施形態によれば、超音波照射装置 1 0 0 は、超音波受信部 1 1 4 で受信した音波を低周波信号検出部 1 2 0 が解析することで、焦点 9 2 0 よりも超音波入出力部 1 1 0 側の領域 9 4 0 におけるキャビテーション気泡群の発生を検出することができる。キャビテーション気泡群の発生が検出されたら、超音波照射装置 1 0 0 は集束超音波の照射を停止する。この集束超音波の照射停止によって、焦点 9 2 0 よりも超音波入出力部 1 1 0 側の領域 9 4 0 に集束超音波が照射されなくなる。よって、目標位置以外の組織、例えば本来加熱凝固されるべきでない組織が損傷することを防止できる。

【 0 0 3 4 】

40

[第 1 の実施形態の変形例]

第 1 の実施形態の変形例について説明する。ここでは、第 1 の実施形態との相違点について説明し、同一の部分については、同一の符号を付してその説明を省略する。本変形例では、キャビテーション気泡群の発生を検出したら集束超音波の照射条件を変更し、その後キャビテーション気泡群の成長を検出したら集束超音波の照射を停止する。

【 0 0 3 5 】

本変形例に係る処理の一例を表すフローチャートを図 7 に示す。本変形例のステップ S 2 0 1 乃至ステップ S 2 0 3 は、図 2 を参照して説明した第 1 の実施形態のステップ S 1 0 1 乃至ステップ S 1 0 3 とそれぞれ同じである。すなわち、ステップ S 2 0 1 において、駆動信号設定部 1 4 0 は、例えば入力部 1 7 0 からユーザ指示情報を取得する。そして

50

、そのユーザ指示情報に基づいて、超音波照射装置 100 から射出する集束超音波の照射パラメータの種類及び初期値を設定する。ステップ S 202 において、駆動信号設定部 140 は、駆動部 150 に駆動信号を出力し、超音波射出部 112 から集束超音波を射出させる。ステップ S 203 において、超音波受信部 114 は音波を受信し、低周波信号検出部 120 はその受信信号を解析する。

【0036】

ステップ S 204 において、低周波信号検出部 120 の比較部 126 は、取得した低周波信号に基づいて、キャビテーション気泡群が発生したか否かを判定する。より詳しくは以下のとおりである。例えば比較部 126 に、第 1 の実施形態と同様に閾値 $Th1$ を設定しておく。ピーク成分検出部 124 によって検出される低周波信号の第 1 のピーク、すなわち周波数 $f/6$ 近傍の第 1 のピークの強度が閾値 $Th1$ よりも高くなったとき、比較部 126 はキャビテーション気泡群が発生したと判定する。

10

【0037】

ステップ S 204 の判定でキャビテーション気泡群が発生していないと判定されれば、処理はステップ S 202 に戻され、超音波照射装置 100 は照射条件を変更せずに集束超音波の射出を継続する。一方、ステップ S 204 の判定でキャビテーション気泡群が発生していると判定されれば、ステップ S 205 において、駆動信号設定部 140 は、集束超音波の照射条件を変更する。より詳しくは以下のとおりである。

【0038】

照射条件変更部 130 は、低周波信号検出部 120 から入力された比較結果に基づいて、照射条件を変更する。具体的には、照射パラメータの種類や照射パラメータの数値を変更して、駆動信号の変更値を算出する。照射条件変更部 130 は、算出した駆動信号の変更値を駆動信号設定部 140 に出力すると共に、その変更値に基づいて駆動信号を変更するように駆動信号設定部 140 に指示を出力する。例えば照射条件変更部 130 は、集束超音波の強度を低下させるように、駆動信号設定部 140 へ駆動信号の変更値を出力する。ここで照射条件変更部 130 は、集束超音波の強度を、予め設定しておいた強度にするように変更値を決定してもよいし、ピーク成分検出部 124 によって検出された第 1 のピークの強度に基づいた強度とするように変更値を決定してもよい。

20

【0039】

駆動信号設定部 140 は、照射条件変更部 130 から入力された変更値に基づいて、変更した駆動信号を作成する。駆動信号設定部 140 は、変更後の駆動信号を駆動部 150 に出力する。駆動部 150 は、変更後の駆動信号に基づいて超音波射出部 112 を駆動する。その結果、超音波射出部 112 は、変更後の例えば強度が低下した集束超音波を射出する。なおこの際、駆動信号設定部 140 は、変更内容を表示部 160 に表示させ、その内容をユーザに報知する。

30

【0040】

ステップ S 206 において、低周波信号検出部 120 の比較部 126 は、取得した低周波信号に基づいて、キャビテーション気泡群が成長したか否かを判定する。より詳しくは以下のとおりである。第 1 のピークの周波数の時間変化の例を図 8 に示す。前述のとおり、キャビテーション気泡群に由来する低周波信号の第 1 のピークは周波数 $f/6$ 近傍に検出された後、時間経過とともに徐々に低下する。ステップ S 206 では、比較部 126 は第 1 のピークの周波数の低下に基づいてキャビテーション気泡群の成長を検出する。例えば、第 1 のピークの周波数について閾値 $Th2$ を設定し、第 1 のピークの周波数が閾値 $Th2$ よりも低くなったときキャビテーション気泡群が成長したと判断する。ここで、閾値 $Th2$ は、例えば図 8 に示すように、周波数 $f/8$ とすることができる。

40

【0041】

ステップ S 206 の判定でキャビテーション気泡群が成長していないと判定されれば、処理はステップ S 202 に戻される。その結果、ステップ S 205 で変更された照射条件に従って、ステップ S 202 において超音波射出部 112 は集束超音波を射出する。一方、ステップ S 206 の判定でキャビテーション気泡群が成長していると判定されれば、処

50

理はステップ S 2 0 7 に進められる。ステップ S 2 0 7 において照射条件変更部 1 3 0 は、第 1 の実施形態のステップ S 1 0 5 と同様に、集束超音波の照射を停止するように駆動信号設定部 1 4 0 に指示する。その結果、超音波照射装置 1 0 0 は、集束超音波の射出を停止する。その後一連の処理は終了する。

【 0 0 4 2 】

周波数 $f / 6$ 近傍に第 1 のピークが検出されるキャビテーション気泡群の発生は、ただちに目標位置以外の組織、例えば本来加熱凝固されるべきでない組織に悪影響を与えないときもある。このような場合、本変形例によれば、キャビテーション気泡群の発生からしばらくの間、すなわち、集束超音波の照射が効果を有する間であって、集束超音波の照射が目標位置以外の組織に悪影響を与えない間、集束超音波の照射を続けることができる。その後、低周波信号検出部 1 2 0 によって第 1 のピークの周波数の変化をチェックすることで、キャビテーション気泡群が成長して目標位置以外の組織に悪影響を与える状況になったことを検知して、照射条件変更部 1 3 0 に伝達する。その結果、照射条件変更部 1 3 0 は、駆動信号設定部 1 4 0 に指示をして集束超音波の射出を停止させることができる。

【 0 0 4 3 】

また、本変形例では、ステップ S 2 0 6 の判定において、第 1 のピークの周波数が閾値 $T_h 2$ よりも低くなったときにキャビテーション気泡群が成長したと判定している。しかしながら、ステップ S 2 0 6 において、例えば図 8 に示した第 1 のピークの周波数変化 ΔF が、所定の閾値 $T_h 3$ よりも大きくなった時、キャビテーション気泡群が成長したと判定するようにしてもよい。

【 0 0 4 4 】

また、ステップ S 2 0 6 の判定において、低周波信号の周波数の変化ではなく、キャビテーション気泡群の発生が検出されてから所定の時間の経過後に、集束超音波の射出を停止してもよい。ここで所定の時間とは、例えば 1 秒程度とすることができる。

【 0 0 4 5 】

また、図 6 において破線で示したように、第 1 のピークの強度は徐々に増加する。そこで、ステップ S 2 0 6 の判定において、第 1 のピークの強度の時間平均値を所定の時間間隔で取得し、その時間平均強度が所定の閾値以上になったとき、集束超音波の射出を停止するようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

以上の何れの方法を用いても、キャビテーション気泡群の発生直後でなく、キャビテーション気泡群が成長して目標位置以外の組織に悪影響が生じる前に、集束超音波の照射を停止することができる。また、上記した複数の判定条件のうち何れかを用いて、予め定めた 1 つの条件を満たしたときに集束超音波の強度を低下させ、予め定めた他の条件を満たしたときに集束超音波の射出を停止するようにしてもよい。これら判定条件の組み合わせは超音波照射装置 1 0 0 の設計や使用条件に応じて適宜選択され得る。

【 0 0 4 7 】

[第 2 の実施形態]

第 2 の実施形態について説明する。ここでは、第 1 の実施形態との相違点について説明し、同一の部分については、同一の符号を付してその説明を省略する。本実施形態では、2 つの異なる周波数を重畳した駆動信号を超音波射出部 1 1 2 に印加する。本実施形態においては、例として、2 つの駆動周波数を $f_1 = 4, 64 \text{ MHz}$ 、 $f_2 = 9, 28 \text{ MHz}$ とする。駆動信号設定部 1 4 0 において 2 種類の周波数の信号がそれぞれ作成された後に、それらが合成されることにより駆動信号は作成され、駆動部 1 5 0 を介して超音波射出部 1 1 2 に印加される。

【 0 0 4 8 】

本実施形態に係る駆動信号設定部 1 4 0 周辺の構成を図 9 に示す。この図に示すように、駆動信号設定部 1 4 0 は、 f_1 生成回路 1 4 1 と、 f_2 生成回路 1 4 2 と、加算器 1 4 3 とを有する。 f_1 生成回路 1 4 1 は、周波数 f_1 の信号を生成して出力する。 f_2 生成回路 1 4 2 は、周波数 f_2 の信号を生成して出力する。 f_1 生成回路 1 4 1 から出力され

た周波数 f_1 の信号と、 f_2 生成回路 142 から出力された周波数 f_2 の信号とは、加算器 143 に入力される。加算器 143 は、 f_1 生成回路 141 から出力された信号と、 f_2 生成回路 142 から出力された信号とを重畳する。加算器 143 で重畳された駆動信号は、駆動部 150 に出力される。駆動部 150 は、第 1 の実施形態の場合と同様に、駆動信号設定部 140 から入力した駆動信号に基づいて超音波射出部 112 を駆動する。

【0049】

超音波受信部 114 が受信する音波のうち、キャビテーション気泡群から発せられる音波の周波数及び強度の時間変化の一例を図 10 に示す。図 10 は、照射開始後の経過時間と周波数と強度との関係を、3 次元グラフを用いて示している。なお、本実施形態では、周波数 f_1 や f_2 は駆動周波数であると同時に、超音波受信部 114 で受信した音波の周波数でもある。集束超音波の照射の開始時（時刻 t_0 ）においては、駆動周波数 f_1 及び駆動周波数 f_2 に対応する音波のピークのみが超音波受信部 114 によって検出される。超音波照射開始から時間が経過した時刻 t_1 においては、駆動周波数 f_1 及び駆動周波数 f_2 のピークに加えて、駆動周波数 f_2 の約 $1/6$ 倍の周波数 $f_2/6$ にピークが認められる。この周波数 $f_2/6$ 近傍ピークを第 1 のピークと称することにする。この第 1 のピークの発生は、キャビテーション気泡群の発生に起因する。なお、時刻 t_1 は、第 1 の実施形態（図 4 を参照）における時刻 t_2 に相当するタイミングである。

【0050】

さらに時間が経過した時刻 t_2 のとき、第 1 のピークの強度は低くなっている。この時刻 t_2 において、第 1 のピークに加えて周波数 $f_1/6$ 近傍にピークが検出される。この周波数 $f_1/6$ 近傍のピークを第 2 のピークと称することにする。この第 2 のピークの音波成分も、キャビテーション気泡群の発生に起因する。時刻 t_3 、 t_4 、 t_5 と時間が経過すると、第 2 のピークの強度は徐々に高くなり、周波数は徐々に低下する。一方、第 1 のピークの周波数はほとんど変化せず、強度はわずかに上昇していく。

【0051】

第 1 のピーク及び第 2 のピークの強度の時間変化を図 11 に示す。この図に示すように、キャビテーションの発生時である時刻 t_1 において、第 1 のピークにおいて高い強度が確認され、第 1 のピークの強度はその後低くなる。さらにその後は、第 1 のピークの強度はなだらかに高くなる。一方、第 2 のピークの強度は、時刻 t_1 以降徐々に高くなりやがて飽和する。

【0052】

これら第 1 のピーク及び第 2 のピークは、キャビテーション気泡群の大きさのみならず、その挙動にも関連する。すなわち、第 1 のピーク及び第 2 のピークという異なる 2 つの低周波信号をモニタリングすることで、キャビテーション気泡群の発生のみならず、その状態をも判定できる。例えば、超音波照射対象物 900 において局所的な組織破碎を行う治療を想定した場合、敢えてキャビテーション気泡群を発生させる必要がある。ここで異なる 2 つの低周波成分をモニタリングすれば、発生したキャビテーション気泡群の状態が、施す処置の上で安全なものか否かを判定できる。すなわち、キャビテーション気泡群を安全に有効に利用することができる。

【0053】

本実施形態に係る処理の一例を示すフローチャートを図 12 に示す。本実施形態のステップ S301 乃至ステップ S305 は、図 7 を参照して説明した第 1 の実施形態の変形例のステップ S201 乃至ステップ S205 とそれぞれ同様である。すなわち、ステップ S301 において、駆動信号設定部 140 は、例えば入力部 170 からユーザの指示を取得し、その指示に基づいて集束超音波の周波数や強度などの照射パラメータの種類と、それらの初期値を設定する。ステップ S302 において、駆動信号設定部 140 は、駆動部 150 に駆動信号を出力し、集束超音波を射出させる。ステップ S303 において、超音波受信部 114 は音波を受信し、低周波信号検出部 120 はその受信信号を解析する。

【0054】

ステップ S304 において、低周波信号検出部 120 の比較部 126 は、取得した低周

10

20

30

40

50

波信号に基づいて、キャピテーション気泡群が発生したか否かを判定する。より詳しくは以下のとおりである。例えば比較部 126 に、第 1 の実施形態と同様に閾値 $T_h 1$ を設定しておく。ピーク成分検出部 124 によって検出される低周波信号の第 1 のピーク、すなわち周波数 $f_2 / 6$ 近傍の第 1 のピークの強度が、閾値 $T_h 1$ よりも高くなったとき、比較部 126 はキャピテーション気泡群が発生したと判定する。

【0055】

ステップ S304 の判定でキャピテーション気泡群が発生していないと判定されれば、処理はステップ S302 に戻され、超音波照射装置 100 は集束超音波の照射を継続する。一方、ステップ S304 の判定でキャピテーション気泡群が発生していると判定されれば、ステップ S305 において、駆動信号設定部 140 は、照射条件変更部 130 の設定に基づいて集束超音波の条件を変更する。

10

【0056】

ステップ S306 において、低周波信号検出部 120 の比較部 126 は、取得した低周波信号に基づいて、キャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたか否かを判定する。より詳しくは、例えば周波数 $f_1 / 6$ の近傍である第 2 のピークが検出されたとき、キャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたと判定する。あるいは、第 2 のピークの周波数が $f_1 / 8$ 近傍に設定した閾値 $T_h 2$ よりも低くなったとき、キャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたと判定する。

【0057】

ステップ S306 の判定でキャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれていないと判定されれば、処理はステップ S302 に戻される。その結果、ステップ S305 で変更された照射条件に従って、ステップ S302 において超音波射出部 112 は集束超音波を射出する。一方、ステップ S306 の判定でキャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたと判定されれば、ステップ S307 において、照射条件変更部 130 は、集束超音波の照射を停止するように駆動信号設定部 140 に指示する。その結果、超音波照射装置 100 は、集束超音波の射出を停止する。その後一連の処理は終了する。

20

【0058】

例えば、第 1 のピークと第 2 のピークとの周波数の時間変化を図 13 に示す。前述のとおり、まずキャピテーション気泡群に由来する第 1 のピークが周波数 $f_2 / 6$ 近傍に検出される。ステップ S304 では、この第 1 のピークの検出の有無に基づいてキャピテーション気泡群の発生の有無を判定する。その後、第 1 のピークの周波数は時間経過とともに徐々に低下する。また、第 1 のピークの検出後しばらくして、第 1 のピークよりも低い周波数に第 2 のピークが検出されるようになる。第 2 のピークの周波数も時間経過とともに徐々に低下する。ここで、第 1 のピークの周波数低下の割合よりも、第 2 のピークの周波数低下の割合の方が大きい。ステップ S306 において、比較部 126 は、第 2 のピークの検出の有無に基づいてキャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたか否かを判定する。あるいは比較部 126 は、第 2 のピークの周波数が閾値 $T_h 2$ よりも低くなったか否かに基づいて、キャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたか否かを判定する。

30

【0059】

なお、ステップ S306 における判定では、第 2 のピークの周波数の低下が所定の値以上起こったときに、キャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたと判定してもよい。また、第 1 のピーク又は第 2 のピークが検出されてから所定の時間が経過したときに、キャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたと判定してもよい。また、第 1 のピーク及び / 又は第 2 のピークの強度が所定値以上となったときに、キャピテーション気泡群の挙動が所望のものからはずれたと判定してもよい。また、超音波照射装置 100 の使用において、照射条件をより安全側に設定したい場合、第 1 のピークが閾値 $T_h 1$ を超えて検出された時点で、集束超音波の射出を停止するように構成してもよい。

40

【0060】

本実施形態では、異なる 2 つの駆動周波数 f_1 及び f_2 の組み合わせとして、 $f_2 = 2$

50

× f_1 の関係を有する場合を例に挙げて説明したが、駆動周波数 f_1 及び f_2 の組み合わせは任意の組み合わせとすることができる。ここで低周波フィルタ 122 の通過帯域は、2 つの駆動周波数のうち高い方の分調波の周波数以下とすればよい。すなわち、低周波フィルタ 122 のカットオフ周波数は、 $f_2 / 2$ 以下とすればよい。

【0061】

本実施形態によっても第 1 の実施形態又はその変形例と同様の効果が得られる。さらに、第 1 のピーク及び第 2 のピークという異なる 2 つの低周波信号をモニタリングすることで、キャビテーション気泡群の発生のみならず、その状態をも判定できる。したがって、発生したキャビテーション気泡群を安全に有効に用いることができる。

【0062】

[第 2 の実施形態の変形例]

第 2 の実施形態の変形例について説明する。ここでは、第 2 の実施形態との相違点について説明し、同一の部分については、同一の符号を付してその説明を省略する。第 2 の実施形態では、1 つの超音波射出部 112 から駆動周波数 f_1 と駆動周波数 f_2 とが重畳された集束超音波を射出している。これに対して本変形例では、超音波入出力部 110 は、周波数 f_1 の集束超音波を射出する第 1 の超音波射出部 1121 と、周波数 f_2 の集束超音波を射出する第 2 の超音波射出部 1122 とを有する。

【0063】

本変形例に係る超音波照射装置 100 の駆動信号設定部 140 周辺の構成を図 14 に示す。この図に示すように、駆動信号設定部 140 は、 f_1 生成回路 141 と、 f_2 生成回路 142 とを有する。駆動部 150 は、第 1 の増幅器 151 と第 2 の増幅器 152 とを有する。また、超音波入出力部 110 は、第 1 の超音波射出部 1121 と第 2 の超音波射出部 1122 とを有する。

【0064】

f_1 生成回路 141 で生成された駆動周波数 f_1 を有する駆動信号は、第 1 の増幅器 151 に入力される。第 1 の増幅器 151 に入力され増幅された駆動周波数 f_1 を有する駆動信号は、第 1 の超音波射出部 1121 に入力される。その結果、第 1 の超音波射出部 1121 は、駆動周波数 f_1 を有する集束超音波を射出する。 f_2 生成回路 142 で生成された駆動周波数 f_2 を有する駆動信号は、第 2 の増幅器 152 に入力される。第 2 の増幅器 152 に入力され増幅された駆動周波数 f_2 を有する駆動信号は、第 2 の超音波射出部 1122 に入力される。その結果、第 2 の超音波射出部 1122 は、駆動周波数 f_2 を有する集束超音波を射出する。

【0065】

第 1 の超音波射出部 1121 と第 2 の超音波射出部 1122 とは、第 1 の超音波射出部 1121 から射出された集束超音波と第 2 の超音波射出部 1122 から射出された集束超音波とが、焦点 920 において交差するように配置されている。したがって、焦点 920 においては、周波数 f_1 の集束超音波と周波数 f_2 の集束超音波とが重畳する。その結果、周波数 f_1 の信号と周波数 f_2 の信号とが重畳されている焦点 920 において、第 2 の実施形態と同様の効果が得られる。

上記のような本変形例による構成でも、第 2 の実施形態と同様に動作し、同様の効果を得ることができる。

【0066】

[第 3 の実施形態]

第 3 の実施形態について説明する。ここでは、第 1 の実施形態との相違点について説明し、同一の部分については、同一の符号を付してその説明を省略する。本実施形態では、超音波入出力部 110 が軟性内視鏡の先端に配置されており、さらにその軟性内視鏡には、超音波照射対象領域（図 1 の超音波照射対象物 900 に相当）に超音波造影剤としてソナゾイド（登録商標）を投与するための機構が備えられている。ソナゾイド（登録商標）はある程度の粒度分布はあるものの、約 4.2 ~ 4.8 MHz 付近に共振周波数をもつことが知られている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

本実施形態に係る超音波治療装置の構成図を図 1 5 に示す。この図に示すように、本実施形態に係る超音波治療装置は注入手段を有している。軟性の内視鏡 1 9 0 の経口的に挿入される先端部には、超音波入出力部 1 1 0 が配置されている。超音波入出力部 1 1 0 は、超音波射出部 1 1 2 と超音波受信部 1 1 4 を有する。超音波射出部 1 1 2 に接続する駆動部 1 5 0 と、超音波受信部 1 1 4 に接続する低周波信号検出部 1 2 0 とは、内視鏡 1 9 0 の基端側に配置されている。超音波射出部 1 1 2 と駆動部 1 5 0 とは、内視鏡 1 9 0 を挿通する配線によって接続されており、また、超音波受信部 1 1 4 と低周波信号検出部 1 2 0 とは、内視鏡 1 9 0 を挿通する配線によって接続されている。第 1 の実施形態と同様に低周波信号検出部 1 2 0 には、照射条件変更部 1 3 0 が接続されており、照射条件変更部 1 3 0 には、駆動信号設定部 1 4 0 が接続されており、駆動信号設定部 1 4 0 には、駆動部 1 5 0 が接続されている。また、駆動信号設定部 1 4 0 には、表示部 1 6 0 と入力部 1 7 0 とが接続されている。

10

【 0 0 6 8 】

内視鏡 1 9 0 の先端の超音波入出力部 1 1 0 の近傍には、さらに穿刺部 1 8 0 が配置されている。この穿刺部 1 8 0 には、内視鏡 1 9 0 の基端側に配置された加圧部 1 8 5 が接続されている。穿刺部 1 8 0 は、超音波射出部 1 1 2 が射出する集束超音波の焦点 9 2 0 の近傍に、加圧部 1 8 5 から供給された超音波造影剤等を投与することができる。このように、穿刺部 1 8 0 及び加圧部 1 8 5 は、超音波を反射又は散乱させる微小物質を、対象部位に注入する注入部として機能する。その他の構成は第 1 の実施形態の場合と同様である。このとき、照射する超音波の周波数 f はソナゾイド（登録商標）の共振周波数又はその高次の周波数に設定することが望ましい。なお、穿刺部 1 8 0 による超音波造影剤等の投与位置及び集束超音波の焦点位置は、音源に対して治療対象領域の中心よりも後方とすることが望ましい。このような位置関係とすることにより、造影剤などによる遮蔽効果を低減しつつ、高い治療効果を得ることが出来る。

20

【 0 0 6 9 】

本実施形態によれば、例えば消化管越しに例えば膵臓や胆嚢に集束超音波を照射することができる。さらに、この集束超音波の焦点 9 2 0 の近傍のみに穿刺部 1 8 0 によって超音波造影剤等を投与できるので、超局所での超音波照射による加熱増強効果が見込める。この際、超音波照射装置を第 1 の実施形態や第 2 の実施形態のように駆動することで、第 1 の実施形態や第 2 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

30

【 0 0 7 0 】

なお、第 2 の実施形態と同様に、駆動周波数 f_1 と駆動周波数 f_2 とで超音波射出部 1 1 2 を駆動するようにしてもよい。また、内視鏡 1 9 0 は軟性内視鏡に限らず、硬性鏡を用いてもよい。また、注入する薬液は、超音波造影剤に限定されず、ナノバブルや金などの微粒子といった超音波を反射する物質でもよい。超音波を反射する物質を投与すると、その部分でキャビテーションが起こりやすくなり、さらに、反射超音波を有効に利用することができるようになる。超音波造影剤等は、静脈注射等で投与することも可能である。

【 0 0 7 1 】

なお、本発明は上記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、種々の発明を形成できる。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、発明が解決しようとする課題の欄で述べられた課題が解決でき、かつ、発明の効果が得られる場合には、この構成要素が削除された構成も発明として抽出され得る。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よい。

40

【 符号の説明 】

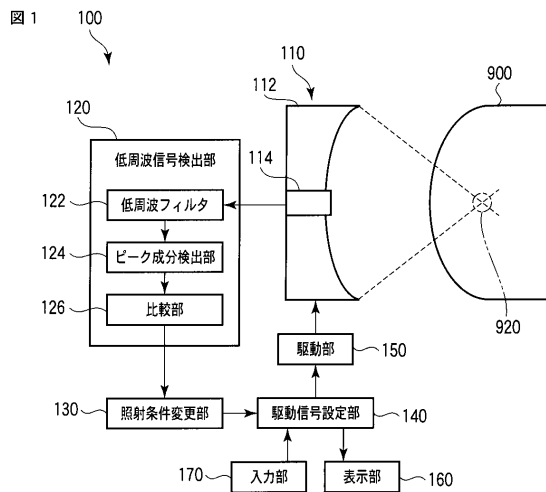
【 0 0 7 2 】

1 0 0 ... 超音波照射装置、 1 1 0 ... 超音波入出力部、 1 1 2 ... 超音波射出部、 1 1 2 1 ... 第 1 の超音波射出部、 1 1 2 2 ... 第 2 の超音波射出部、 1 1 4 ... 超音波受信部、 1 2 0

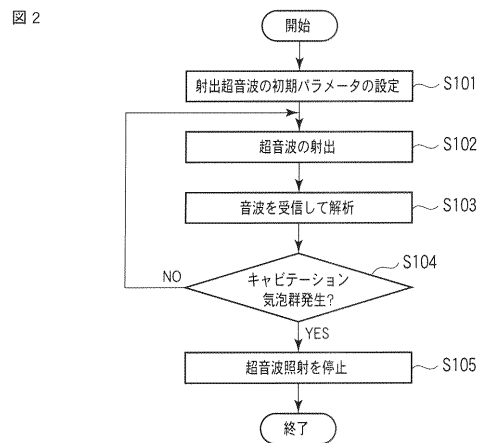
50

... 低周波信号検出部、122 ... 低周波フィルタ、124 ... ピーク成分検出部、126 ... 比較部、130 ... 照射条件変更部、140 ... 駆動信号設定部、141 ... f_1 生成回路、142 ... f_2 生成回路、143 ... 加算器、150 ... 駆動部、151 ... 第1の増幅器、152 ... 第2の増幅器、160 ... 表示部、170 ... 入力部、180 ... 穿刺部、185 ... 加圧部、190 ... 内視鏡、900 ... 超音波照射対象物、920 ... 焦点。

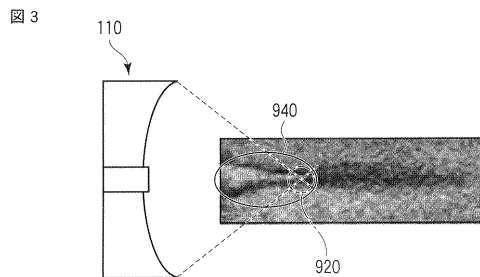
【図1】



【図2】

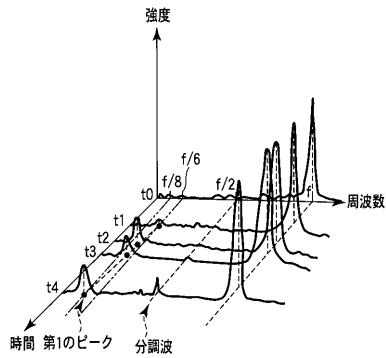


【図3】



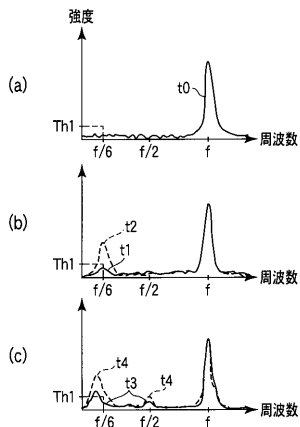
【図 4】

図 4



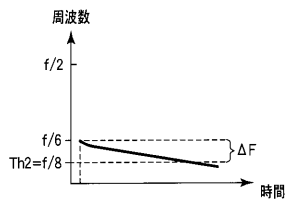
【図 5】

図 5



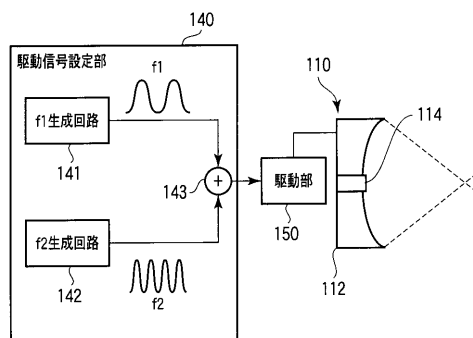
【図 8】

図 8



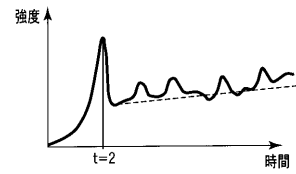
【図 9】

図 9



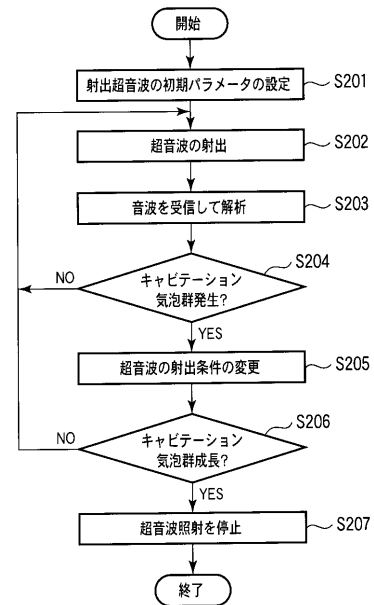
【図 6】

図 6



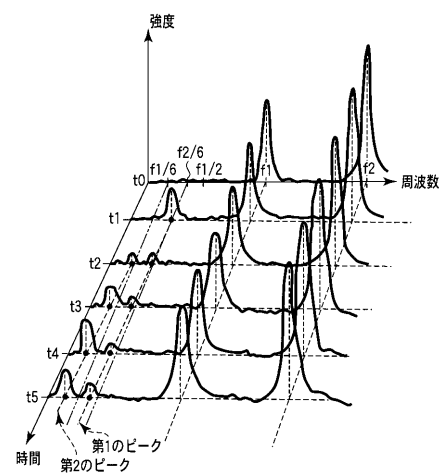
【図 7】

図 7



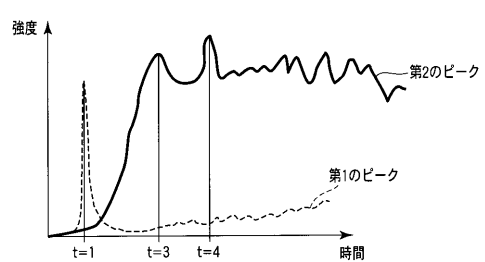
【図 10】

図 10



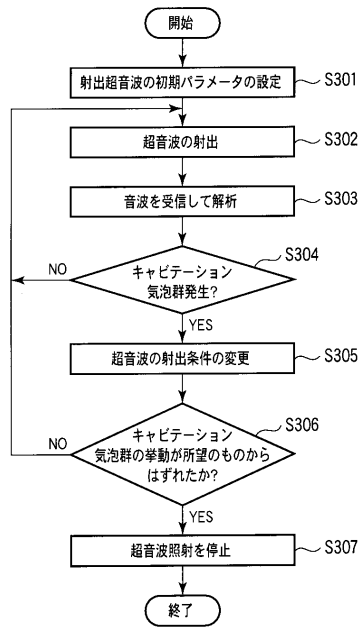
【図 11】

図 11



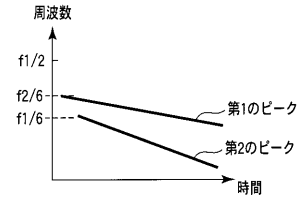
【図 1 2】

図 12



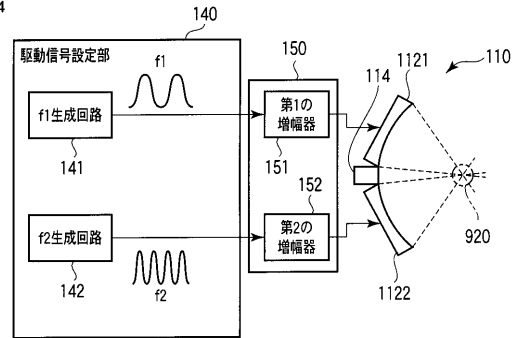
【図 1 3】

図 13



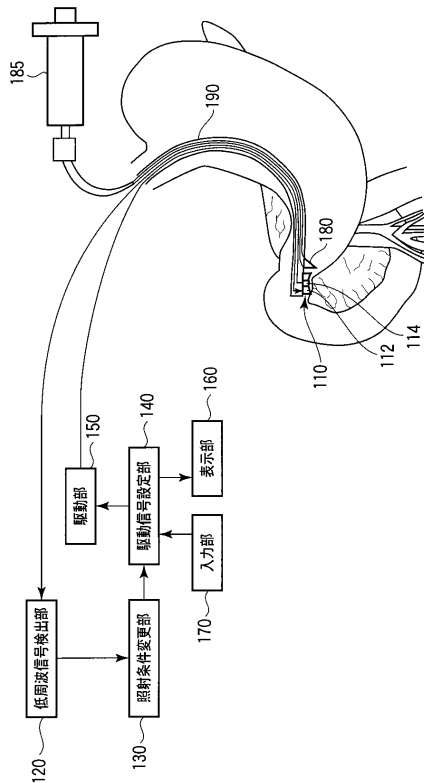
【図 1 4】

図 14



【図 1 5】

図 15



フロントページの続き

(74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
(74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
(74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
(74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
(74)代理人 100158805
弁理士 井関 守三
(74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
(74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
(74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
(74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
(72)発明者 村上 峰雪
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリnbas株式会社内
F ターム(参考) 4C099 AA10 CA13 JA13 LA30
4C160 JJ33 JJ34 MM32
4C601 DE06 DE08 EE16 FE02 FF14 FF16

专利名称(译)	超声波照射装置和超声波照射方法		
公开(公告)号	JP2013000269A	公开(公告)日	2013-01-07
申请号	JP2011133063	申请日	2011-06-15
[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		
[标]发明人	村上峰雪		
发明人	村上 峰雪		
IPC分类号	A61B18/00 A61F7/00 A61B8/00		
CPC分类号	A61N7/00 A61B8/00 A61B17/225 A61B2017/22008 A61B2090/378 A61N7/02 A61N7/022 A61N2007/0052		
FI分类号	A61B17/36.330 A61F7/00.322 A61B8/00 A61B17/32.510		
F-TERM分类号	4C099/AA10 4C099/CA13 4C099/JA13 4C099/LA30 4C160/JJ33 4C160/JJ34 4C160/MM32 4C601/DE06 4C601/DE08 4C601/EE16 4C601/FE02 4C601/FF14 4C601/FF16		
代理人(译)	河野 哲 中村诚 河野直树 冈田隆		
其他公开文献	JP5775751B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声波照射装置，其构造抑制不必要的空化的产生。解决方案：基于由驱动信号设定部分140通过驱动形成的驱动信号来驱动超声波喷射部分112。部分150发射具有驱动频率的超声波。超声波接收部分114接收从超声波的发射方向到达的超声波。由超声波接收部分114接收的信号通过低频信号检测部分120中的低频滤波器122和峰值分量检测部分124获取低于驱动频率的低频分量的声波的频率和强度。比较部分126基于所获得的低频分量的频率和强度来确定是否产生空化气泡组。如果产生空化气泡组，则照射条件改变部分130允许驱动信号设定部分140改变驱动信号。通过这种构造，超声辐射装置100防止产生气穴气泡组。

