(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7453655号
(P7453655)

(45)発行日　令和6年3月21日(2024.3.21)

(24)登録日　令和6年3月12日(2024.3.12)

(51)国際特許分類

		FI		
A61B 17/00 (2006.01)		A61B	17/00	700
A61B 34/30 (2016.01)		A61B	34/30	
A61B 17/225 (2006.01)		A61B	17/225	

請求項の数　10　（全22頁）

(21)出願番号　特願2023-551670(P2023-551670)
(86)(22)出願日　令和4年9月29日(2022.9.29)
(86)国際出願番号　PCT/JP2022/036464
審査請求日　令和5年8月24日(2023.8.24)
早期審査対象出願

(73)特許権者　391032358
平田機工株式会社
熊本県熊本市北区植木町一木１１１番地
(73)特許権者　720007925
ソニア・セラピューティクス株式会社
東京都新宿区西新宿一丁目２３番１号
(74)代理人　100149548
弁理士　松沼 泰史
(74)代理人　100140774
弁理士　大浪 一徳
(74)代理人　100134359
弁理士　勝俣 智夫
(74)代理人　100188592
弁理士　山口 洋
(72)発明者　豊田 和孝

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　超音波ヘッド装置、及び超音波治療システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

任意の姿勢状態で保持可能なロボットアームに支持され、治療対象物の内部に超音波を照射する超音波治療システムに適用される超音波ヘッド装置であって、

前記ロボットアームに支持されたベース部と、

前記ベース部に設けられ、前記超音波を照射する半球状の照射面を有する照射部と、

前記超音波を伝達する媒介液を収容し、前記照射面を覆う水袋と、

前記媒介液を前記水袋に流通させる給排水部と、

前記ベース部に設けられ、前記照射面の中心軸方向に沿って前記水袋を前記照射面に対して移動自在に支持する移動機構と、を有し、

前記移動機構は、前記ベース部側に設けられた第１筒状部と、

前記第１筒状部に対して前記中心軸方向に沿って移動自在に設けられた第２筒状部と、

前記第２筒状部を前記中心軸方向に沿って移動させる第１駆動部と、を備え、

前記第２筒状部は、前記中心軸方向に沿って前記ベース部と異なる側に前記水袋が固定される、

超音波ヘッド装置。

【請求項２】

前記第１筒状部または前記第２筒状部のいずれか一方に前記中心軸方向に沿って１つ以上の第１溝部が形成され、

前記第１筒状部または前記第２筒状部のいずれか他方には、径方向に沿って突出し、前

記第１溝部に係合するように形成された１つ以上の係合部材を備えている、
請求項１に記載の超音波ヘッド装置。
【請求項３】
前記第１筒状部または前記第２筒状部のいずれか一方が他方に挿入され、
前記移動機構は、径方向において前記第１筒状部と前記第２筒状部との間に配置された第３筒状部を備え、
前記第１筒状部は、前記第１溝部を有し、
前記第２筒状部は、前記係合部材を有し、
前記第３筒状部の前記中心軸に対する周方向には、前記中心軸方向に沿って傾斜し、前記係合部材が貫通する１つ以上の第２溝部が形成され、
前記第１駆動部は、
前記第３筒状部を前記中心軸を回転軸として回転させ、
前記第３筒状部が前記第１筒状部及び前記第２筒状部に対して前記周方向に沿って回転駆動されることにより、
前記係合部材が前記第２溝部及び前記第１溝部に沿って相対的に移動し、
回転方向に基づいて前記第２筒状部を前記第１筒状部に対して前記中心軸方向に沿った方向に移動させる、
請求項２に記載の超音波ヘッド装置。
【請求項４】
前記第１筒状部と前記第２筒状部との間には、周方向に沿って隙間をシールするシール部を備え、
前記第１筒状部は、前記シール部にシールされる被シール部が設けられ、
前記第２筒状部は、前記シール部が配置されるシール溝部が設けられる、
請求項１または２に記載の超音波ヘッド装置。
【請求項５】
前記第２筒状部は、下方に前記水袋を着脱自在とする取付部を備え、
前記取付部は、前記第２筒状部の下端に着脱自在な環状部材を備える、
請求項４に記載の超音波ヘッド装置。
【請求項６】
前記水袋は、端部にフランジ部を有する半球状に構成され、
前記環状部材は、前記フランジ部に係合すると共に、前記第２筒状部の下端と協働して前記フランジ部を挟持する、
請求項５に記載の超音波ヘッド装置。
【請求項７】
前記照射部は、
前記照射面を有し、前記治療対象物の患部に超音波を照射し治療する第１照射部と、
前記照射面より突出し、前記治療対象物に超音波を走査して断面画像を生成する第２照射部と、を備え、
前記中心軸を中心として前記第１照射部を回転駆動させる第２駆動部と、
前記中心軸を中心として前記第２照射部を回転駆動させる第３駆動部と、
前記中心軸に沿った方向に前記第２照射部を移動させる第４駆動部と、を備える、
請求項６に記載の超音波ヘッド装置。
【請求項８】
治療対象物の内部に超音波を照射する超音波ヘッド装置と、
前記超音波ヘッド装置を任意の姿勢状態で保持可能なロボットアームと、
前記超音波ヘッド装置に接続された給排水機構と、
前記超音波ヘッド装置及び前記給排水機構を制御する制御装置と、を備え、
前記超音波ヘッド装置は、
前記ロボットアームに支持されたベース部と、
前記ベース部に設けられ、前記超音波を照射する照射面を有する照射部と、

前記超音波を伝達する媒介液を収容し、前記照射面を覆う水袋と、
前記媒介液を前記水袋に流通させる給排水部と、
前記ベース部に設けられ、前記照射面の中心軸方向に沿って前記水袋を前記照射面に対して移動自在に支持する移動機構と、を有し、
前記移動機構は、前記ベース部側に設けられた第１筒状部と、
前記第１筒状部に対して前記中心軸方向に沿って移動自在に設けられ下側に前記水袋が固定された第２筒状部と、
前記第２筒状部を前記第１筒状部に対して移動させる第１駆動部と、を備え、
前記給排水機構は、
前記給排水部に前記媒介液を供給し、または、前記媒介液を排出させる、
超音波治療システム。
【請求項９】
前記制御装置は、前記移動機構を制御して前記水袋を移動させ、
前記給排水機構を制御して移動に応じて変化する前記水袋の内部空間に前記媒介液を供給または排出させる、
請求項８に記載の超音波治療システム。
【請求項１０】
任意の姿勢状態で保持可能なロボットアームに支持され、治療対象物の内部に超音波を照射する超音波治療システムに適用され、前記超音波を伝達する媒介液を収容する水袋を取り付けられる超音波ヘッド装置であって、
前記ロボットアームに支持されたベース部と、
前記ベース部に設けられ、前記超音波を照射する半球状の照射面を有する照射部と、
前記ベース部に設けられ、前記照射面の中心軸方向に沿って前記水袋を前記照射面に対して移動自在に支持する移動機構と、を有し、
前記移動機構は、前記ベース部側に設けられた第１筒状部と、
前記第１筒状部に対して前記中心軸方向に沿って移動自在に設けられた第２筒状部と、
前記第２筒状部を前記中心軸方向に沿って移動させる第１駆動部と、を備え、
前記第２筒状部は、前記中心軸方向に沿って前記ベース部と異なる側に前記水袋が前記照射部を覆う様に装着される水袋装着部を有する、超音波ヘッド装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、超音波を照射して治療するための超音波ヘッド装置、超音波治療システム、及び超音波治療システムの制御方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
患者体内の癌細胞、腫瘍等の患部に対して超音波を照射し患部を焼灼したり、結石や細胞を破砕したり、患部や神経を刺激したりする治療を行う侵襲性の低い超音波治療装置が知られている（例えば特許文献１及び特許文献２参照）。特許文献１に記載された超音波治療装置は、複数のリンクが関節により連結されて形成されたロボットアームと、該ロボットアームの先端に支持された超音波ヘッド装置を有し、該超音波ヘッド装置は、超音波を患部に照射する照射面を有する照射部と、照射面と患者との間において、超音波を伝達するための媒介液で満たされた水袋を有する。また、水袋への媒介液の供給と排出を行う制御部をさらに備えている。
【０００３】
特許文献１に記載された超音波治療装置の照射部から照射される超音波は、照射面から一定の位置に焦点が形成される。治療時には、患部の位置に応じてロボットアームを操作し、超音波ヘッド装置を待機位置から適切な位置・姿勢に移動させ、焦点の位置と患部の位置を一致させる。水袋は、患者の体表面に接触し、照射面と患者体表面との間において超音波を患部へと伝達させるため、水袋の内部には超音波を伝達する媒介液が満される。

【０００４】
制御部は、患者体表面と照射面との間の距離に応じて水袋への媒介液の供給と排出を行うことにより、水袋内に充填する媒介液の量を調整する。例えば、患部が患者体表面から浅い箇所に位置する場合には、照射面を患者体表面から離す必要があるため、超音波ヘッド装置を患者体表面から離れた位置でロボットアームにより保持して、水袋に充填する媒介液の量を増加させる。
【０００５】
また、患部が患者体表面から深い箇所に位置する場合には、照射面を患者体表面に近づける必要があるため、超音波ヘッド装置を患者体表面に近づけた位置でロボットアームにより保持して、水袋に充填する媒介液の量を減少させる。特許文献２に記載された超音波ヘッド装置は、水袋が蛇腹状の伸縮構造を有しており、水袋を上下方向に沿って変形させることで、照射面に対して水袋の底面の位置を調整可能に構成している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【文献】特開２０２０－０３６７０９号公報
【文献】特開平１－９１８４５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
特許文献１に記載された超音波治療装置によれば、媒介液の量を増やした場合には、水袋内の水圧が上昇し、水袋が破損する虞がある。また、特許文献１に記載された超音波治療装置によれば、媒介液の量を減らした場合には、水袋がしぼみ、治療時に水袋の表面と患者体表面の間に空気が入って隙間が生じ、超音波が適切に患部に伝達できなくなる虞がある。超音波が適切に患部に伝達できない場合、意図しない箇所が焼灼される虞がある。
【０００８】
水袋は患者の体表面に直接当接するため、衛生管理上の観点から治療毎に交換されることが望ましい。超音波ヘッド装置に流通する媒介液は、例えば、脱気水等が用いられている。脱気水は溶存する空気量が増加したり、気泡が混入したりすると超音波の伝達性能が低下して治療精度が低下するため、治療毎に交換されることが望ましい。すなわち、衛生管理及び治療精度の観点から、治療毎に水袋を交換し、交換した水袋内の空気を排出しながら未使用の脱気水を供給し、水袋内を脱気水で満たしてから治療を行う必要がある。
【０００９】
特許文献２に記載された超音波ヘッド装置によれば、水袋が蛇腹状の伸縮構造を有するように構成されているため、水袋の交換作業後に水袋内に脱気水を供給する際、蛇腹部分の空気を排出することができず、媒介液に気泡が混入する虞がある。媒介液に気泡が混入した場合、気泡が超音波の伝達を阻害し、超音波が適切に患部に伝達できなくなり、治療効率が低下して治療時間が増大する虞がある。
【００１０】
本発明は、治療に用いられる超音波を超音波照射機器から患部に対して適切に伝達するべく、患部の患者体表面からの深度に応じて水袋内に充填する媒介液の水分量及び水圧を適切に保つよう調整可能とし、水袋を容易に交換可能とし、且つ水袋及び媒介液の交換時に媒介液に気泡の混入を防止できる超音波ヘッド装置、超音波治療システム、及び超音波治療システムの制御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】
【００１１】
本発明の一態様は、任意の姿勢状態で保持可能なロボットアームに支持され、治療対象物の内部に超音波を照射する超音波治療システムに適用される超音波ヘッド装置であって、前記ロボットアームに支持されたベース部と、前記ベース部に設けられ、前記超音波を照射する半球状の照射面を有する照射部と、前記超音波を伝達する媒介液を収容し、前記

照射面を覆う水袋と、前記媒介液を前記水袋に流通させる給排水部と、前記ベース部に設けられ、前記照射面の中心軸方向に沿って前記水袋を前記照射面に対して移動自在に支持する移動機構と、を有し、前記移動機構は、前記ベース部側に設けられた第１筒状部と、前記第１筒状部に対して前記中心軸方向に沿って移動自在に設けられた第２筒状部と、前記第２筒状部を前記中心軸方向に沿って移動させる第１駆動部と、を備え、前記第２筒状部は、前記中心軸方向に沿って前記ベース部と異なる側に前記水袋が固定される、超音波ヘッド装置である。

【発明の効果】

【００１２】

本発明によれば、患部の患者体表面からの深度に応じて水袋内に充填する媒介液の水分量及び水圧を適切に保つことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】超音波治療システムの概略的な構成を示す図である。
【図２】超音波ヘッド装置の構成を示す斜視図である。
【図３】超音波ヘッド装置の構成を示す底面図である。
【図４Ａ】移動機構の構成を示す分解斜視図である。
【図４Ｂ】超音波ヘッド装置の構成を示す断面図である。
【図４Ｃ】移動機構の動作を示す図である。
【図５】第１駆動部の構成を示す斜視図である。
【図６】第２駆動部の構成を示す斜視図である。
【図７】第３駆動部の構成を示す斜視図である。
【図８】第４駆動部の構成を示す斜視図である。
【図９】移動機構の動作を示す断面図である。
【図１０】移動機構の動作を示す断面図である。
【図１１】超音波治療システムの構成を示すブロック図である。
【図１２】超音波治療システムの制御方法を示すフローチャートである。
【図１３】変形例に係る移動機構の構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

図１に示されるように、超音波治療システムＳは、超音波の照射を制御する超音波治療装置１と、超音波治療装置１を制御すると共に使用状態等を管理する制御装置４０と、を備えている。超音波治療装置１は、対象物を任意の位置・姿勢で支持可能なロボットアーム２と、ロボットアーム２の先端部に設けられた超音波ヘッド装置１０と、超音波ヘッド装置１０の先端部に設けられ容積を調整可能に構成された液体貯留部１２と、制御装置４０からの制御指令に基づき液体貯留部１２に媒介液を流通させる流体回路部２５が設けられた筐体２０と、を備えている。

【００１５】

ロボットアーム２は、例えば、垂直多関節ロボットから構成されたものであり、ロボットアーム２は、アーム台座４を介して床面上に設置されている。ロボットアーム２は、超音波ヘッド装置１０を任意の位置に移動させると共に、任意の姿勢状態で保持可能に構成されている。ロボットアーム２は、例えば、超音波ヘッド装置１０が患者に当接する位置で保持することも、患者から離間した位置で保持することも可能である。また、ロボットアーム２は、例えば、超音波ヘッド装置１０の中心軸Ｌが鉛直方向に延びた姿勢でも、鉛直方向から傾いた姿勢でも超音波ヘッド装置１０を保持することも可能である。以下、中心軸Ｌに沿った方向を適宜「軸方向」等と呼ぶ。

【００１６】

超音波ヘッド装置１０は、患者Ｋの患部に超音波を照射し、治療を行う。患部は、例えば、肝臓癌などの癌細胞や、結石などである。超音波に基づく治療対象物は、人間だけでなく動物に適用してもよい。超音波ヘッド装置１０は、治療対象物に対して、治療用の超

音波である強力集束超音波（High Intensity Focused Ultrasound：以下、ＨＩＦＵと呼ぶ）を照射する機器と、ＨＩＦＵとは異なる超音波である診断用超音波を照射・受信する機器を備える。

【００１７】

図２から図４Ｃに示されるように、超音波ヘッド装置１０は、例えば、本体部１１の内側の下端部に治療対象物の患部に超音波を照射する照射部１１Ａを備えている。照射部１１Ａは、例えば、治療用のＨＩＦＵを発生する第１照射部１１Ｂと、診断用の超音波を発生する診断プローブにより構成された第２照射部１１Ｃとが設けられている。

【００１８】

第１照射部１１Ｂは、例えば、焦点Ｘを生成するようＨＩＦＵを照射するＨＩＦＵトランスデューサにより構成されている。第１照射部１１Ｂの下面側には、ドーム状に形成された照射面１１Ｂ１が備えられ、照射面１１Ｂ１の内面には、圧電素子等からなる複数の超音波振動子（不図示）が整列して配置されている。複数の超音波振動子は、発振される複数の超音波の包絡線が１つ又は複数の焦点Ｘで集束する様に配置されている。本実施形態では、焦点Ｘは中心軸Ｌと直交する平面上に中心軸Ｌを中心として等間隔の位置に６箇所生成される。ここで、生成される焦点Ｘは１箇所であっても良い。その場合、焦点Ｘは中心軸Ｌ上に生成される。第１照射部１１Ｂは、例えば、中心軸Ｌを中心に回転可能に配置されていてもよい。

【００１９】

第２照射部１１Ｃは、治療対象物に超音波を走査して断面画像を生成する。第２照射部１１Ｃは、例えば、先端部において診断用超音波を患者Ｋに照射し、患者Ｋの患部等の対象物に反射した診断用超音波を受信する。第２照射部１１Ｃは、第１照射部１１Ｂの照射面１１Ｂ１から下方に突出している。第２照射部１１Ｃは、上下方向に沿った中心軸Ｌに対して所定角度範囲に向けて診断用超音波を照射し、その反射波を受信する。第２照射部１１Ｃは、中心軸Ｌに沿って回転可能に設けられている。第２照射部１１Ｃは、中心軸Ｌに沿った方向に移動自在に設けられている。

【００２０】

液体貯留部１２は、水袋１４を有する。水袋１４は、下方に膨出する半球状に形成されている。水袋１４の内部空間には、後述のように超音波を伝達する媒介液が充填される。水袋１４は、第１照射部１１Ｂの照射面１１Ｂ１及び照射面１１Ｂ１から突出した第２照射部１１Ｃを覆っている。照射面１１Ｂ１及び第２照射部１１Ｃは、水袋１４の内部空間に充填された媒介液に浸漬される。水袋１４の底部の外側は、診断時及び治療時に患者の体表面と当接する。第２照射部１１Ｃは、媒介液が充填された内部空間において回転自在及び上下方向に沿って移動自在に構成される。第２照射部１１Ｃの先端部は、例えば、診断時において水袋１４の底部の内側に当接する。これにより、第２照射部１１Ｃは、水袋１４を介して患者Ｋの体表面に当接し、患者Ｋの身体の内部を診断する。

【００２１】

液体貯留部１２は、例えば、中心軸Ｌ方向に昇降自在な移動機構１３と、水袋１４と、移動機構１３の下部に設けられた水袋１４を取り付ける取付部Ｔにより構成されている。液体貯留部１２は、移動機構１３により媒介液を充填する内部空間の容積を調整可能に構成されている。液体貯留部１２は、例えば、水袋１４と、移動機構１３と第１照射部１１Ｂとにより内部空間が形成されている。液体貯留部１２の内部空間には、媒介液が充填される。水袋１４は、後述の様に移動機構１３から着脱して交換可能に構成されている。

【００２２】

移動機構１３は、例えば、本体部１１に固定されたベース部１１Ｋに設けられている。本体部１１は、ベース部１１Ｋを介してロボットアーム２に支持されている。移動機構１３は、水袋１４を中心軸Ｌ方向に沿って昇降自在とすることで、内部空間の容積を増減可能に構成されている。移動機構１３は、例えば、ベース部１１Ｋ側に設けられた第１筒状部１３Ａを備えている。移動機構１３は、下側に水袋１４を取り付ける取付部Ｔを有する第２筒状部１３Ｂを備えている。第２筒状部１３Ｂは、中心軸Ｌ方向に移動可能に保持さ

れている。移動機構１３は、第２筒状部１３Ｂを第１筒状部１３Ａに対して中心軸Ｌ方向に沿って移動させる移動駆動部を備えている。移動駆動部は、後述の第３筒状部１３Ｃと第１駆動部Ｃとにより構成されている。

【００２３】

第１筒状部１３Ａは、例えば、中心軸Ｌを中心とする円筒状に形成されている。第１筒状部１３Ａの外周面１３Ａ１には、複数の第１溝部１３Ａ２が形成されている。第１溝部１３Ａ２は、中心軸Ｌ方向に沿った直線状の溝状に形成されている。第１溝部１３Ａ２は、例えば、外周面１３Ａ１の周方向に沿って３箇所に均等に形成されている。第１溝部１３Ａ２は、例えば、第１筒状部１３Ａの上側の端部から所定の長さの直線状の溝状に形成されている。第１溝部１３Ａ２は、外周面１３Ａ１側から所定の深さを有する溝状に形成されている。外周面１３Ａ１において第１溝部１３Ａ２の下端から下方における領域は、後述のシール部材Ｓ１が摺動する摺動領域１３Ａ３である。第１筒状部１３Ａは、第２筒状部１３Ｂに挿入され、第１筒状部１３Ａの外周面Ａ１と後述する第２筒状部１３Ｂの内周面１３Ｂ２が相対している。

【００２４】

第２筒状部１３Ｂは、例えば、中心軸Ｌを中心とする円筒状に形成されている。第２筒状部１３Ｂは、外周面１３Ｂ１から内周面１３Ｂ２に貫通した１つ以上の貫通孔１３ＢＨが形成されている。貫通孔１３ＢＨは、第１筒状部１３Ａの第１溝部１３Ａ２と対応した位置に設けられ、例えば、中心軸Ｌを中心に３箇所に均等に形成されている。３個の貫通孔１３ＢＨには、係合部材１３ＢＰがそれぞれ挿入されている。係合部材１３ＢＰは、円柱状のピン部材に形成されている。係合部材１３ＢＰは、内周面１３Ｂ２側から中心軸に向かって径方向に突出するように設けられている。係合部材１３ＢＰは、第１筒状部１３Ａを第２筒状部１３Ｂに挿入した際、第１溝部１３Ａ２に係合するように形成されている。係合部材１３ＢＰの先端部は、第１溝部１３Ａ２に案内され、第１溝部１３Ａ２を摺動する。第１筒状部１３Ａまたは第２筒状部１３Ｂのいずれか一方には、中心軸方向に沿って１つ以上の第１溝部１３Ａ２が形成される。第１筒状部１３Ａまたは第２筒状部１３Ｂのいずれか他方は、径方向に沿って突出し、第１溝部１３Ａ２に係合するように形成された１つ以上の係合部材１３ＢＰを備えている。係合部材１３ＢＰの先端部には、第１溝部１３Ａ２に沿って走行するローラ（不図示）が設けられていてもよい。本実施形態では、３個の係合部材１３ＢＰにより、係合部が構成される。係合部材１３ＢＰが第１溝部１３Ａ２に案内されることにより、第２筒状部１３Ｂは、第１筒状部１３Ａに対して中心軸Ｌ方向に沿って移動自在に設けられている。第２筒状部１３Ｂは、例えば、後述の第３筒状部１３Ｃの回転に基づいて軸方向に沿って所定の移動量の範囲において移動する。第３筒状部１３Ｃは、第１駆動部Ｃにより回転駆動される。

【００２５】

第２筒状部１３Ｂの内周面１３Ｂ２の下部には、シール部材Ｓ１が嵌め込まれるシール溝部１３ＢＭが形成されている。シール溝部１３ＢＭは、例えば、内周面１３Ｂ２の下方に中心軸Ｌを中心に周方向に沿って設けられている。シール溝部１３ＢＭは、内周面１３Ｂ２の周方向に沿って延在して設けられている。シール溝部１３ＢＭは、第１筒状部１３Ａの外周面１３Ａ１における摺動領域１３Ａ３との間の隙間をシールする環状に形成されたシール部材Ｓ１が嵌め込まれる。シール溝部１３ＢＭ、シール部材Ｓ１は、軸方向に沿って１つ以上設けられていてもよい。シール溝部１３ＢＭとシール部材Ｓ１により、シール部が構成される。シール部は、中心軸Ｌを中心にした周方向に沿って形成され、第２筒状部１３Ｂの内周面１３Ｂ２と、第１筒状部１３Ａの外周面１３Ａ１における摺動領域１３Ａ３との間の隙間をシールし、水密性を確保する。

【００２６】

第２筒状部１３Ｂの外周面１３Ｂ１には、水袋１４を着脱自在とする取付部Ｔ（図２参照）が設けられる。取付部Ｔは、例えば、外周面１３Ｂ１の周方向に沿って均等に設けられた複数のバックル（不図示）と、複数のバックルにより固定される環状部材Ｔ１とを備えている。バックルは、例えば、レバー操作に基づいて環状部材Ｔ１の着脱を行えるよう

に形成されている。環状部材Ｔ１は、例えば、不図示のヒンジ構造を介して第２筒状部１３Ｂに対して開閉自在に設けられている。

【００２７】

第２筒状部１３Ｂの下端部の端面１３ＢＴは、所定の幅を有する円環状に形成されている。端面１３ＢＴには、水袋１４の上端に設けられた後述のフランジ部１４Ｃが当接する。環状部材Ｔ２をフランジ部１４Ｃにセットし、バックルを操作して取付部Ｔを閉状態にすると、環状部材Ｔ２がフランジ部１４Ｃに係合すると共に、第２筒状部１３Ｂの下端部の端面１３ＢＴと協働してフランジ部１４Ｃを挟持する。

【００２８】

上記構成により、環状部材Ｔ２は、取付部と協働して水袋１４を着脱自在とすると共に、第２筒状部１３Ｂの下端部の端面１３ＢＴに水袋１４のフランジ部１４Ｃを密着させ、第２筒状部１３Ｂと水袋１４との間の水密性を確保する。

【００２９】

移動駆動部は、第３筒状部１３Ｃと、第３筒状部１３Ｃを回転駆動させる後述の第１駆動部Ｃを備える。第３筒状部１３Ｃは、中心軸Ｌを中心として回転自在に保持されており、第３筒状部１３Ｃの一部は、第２筒状部１３Ｂの内周面１３Ｂ２と第１筒状部１３Ａの外周面１３Ａ１との間の隙間に挿入されている。第３筒状部１３Ｃは、例えば、円環状に形成された円環部材１３Ｃ１と、円環部材１３Ｃ１から下方に垂下して形成された筒状部１３Ｃ２とを備えている。円環部材１３Ｃ１の上端には、中心軸Ｌを中心に径方向に突出したフランジ部１３ＣＦが延在して形成されている。フランジ部１３ＣＦは、第１筒状部１３Ａの上端に当接する。

【００３０】

筒状部１３Ｃ２は、第２筒状部１３Ｂの内周面１３Ｂ２と第１筒状部１３Ａの外周面１３Ａ１との間に生じている隙間に挿入される。各筒状部１３Ｃ２には、中心軸に対する周方向において、中心軸方向に沿って傾斜した第２溝部１３ＣＭが貫通して形成されている。第２溝部１３ＣＭは、例えば、中心軸Ｌを中心に所定方向周りの所定のピッチ間隔を有する螺旋軌道の１周囲以下の長さにより形成されている。各第２溝部１３ＣＭには、それぞれ、第２筒状部１３Ｂに設けられた係合部材１３ＢＰ（係合部）が貫通する。第２溝部１３ＣＭの上端側は、例えば、第２溝部１３ＣＭの始点である。第２溝部１３ＣＭの下端側は、例えば、第２溝部１３ＣＭの終点である。

【００３１】

図４Ｃ（Ｂ）には、作業者が治療のため、超音波治療システムＳを操作する前の超音波ヘッド装置１０の初期状態（又は待機状態）が示されている。係合部材１３ＢＰは第１溝部１３Ａ２、第２溝部１３ＣＭの中間付近に位置している。ここで、初期状態から図４Ｃ（Ａ）の様に第３筒状部１３Ｃが図の右方向に回転した場合（平面視して反時計回り）、第２溝部１３ＣＭの右方向への移動に伴い、第１溝部１３Ａ２に倣って係合部材１３ＢＰが上昇する。係合部材１３ＢＰが上昇するに伴い、第２筒状部１３Ｂも上昇する。この動作により、水袋１４が照射面１１Ｂ１へと近づき、液体貯留部１２の内部空間の容積が減少する。ここで、初期状態から図４Ｃ（Ｃ）の様に第３筒状部１３Ｃが図の左方向に回転した場合（平面視して時計回り）、第２溝部１３ＣＭの左方向への移動に伴い、第１溝部１３Ａ２に倣って係合部材１３ＢＰが下降する。係合部材１３ＢＰが下降するに伴い、第２筒状部１３Ｂも下降する。この動作により、水袋１４が照射面１１Ｂ１から離れ、液体貯留部１２の内部空間の容積が増加する。

【００３２】

上記構成により、第２筒状部１３Ｂは、係合部材１３ＢＰが第２溝部１３ＣＭ及び第１溝部１３Ａ２により案内される範囲内において軸方向に沿って任意の移動量にて移動可能である。また、中心軸Ｌと直交する平面と第２溝部１３ＣＭとの傾斜角を緩やかにすることによって、後述の第１駆動部Ｃが第３筒状部１３Ｃを回転させるために必要な力を小さくすることができる。これにより、第１駆動部Ｃに使用する駆動源を小さくすることが可能となり、装置構成を小型化することが可能となる。

【００３３】
　また、本実施形態では、初期状態では、係合部材が第２溝部の中間付近に位置するとしたが、例えば、初期状態において、係合部材が第２溝部の始点（上端）又は終点（下端）に位置していてもよい。
【００３４】
　即ち、第３筒状部１３Ｃは、後述の第１駆動部Ｃにより第１筒状部１３Ａ及び第２筒状部１３Ｂに対して中心軸Ｌを中心に周方向に沿って回転駆動されることにより、係合部材１３ＢＰを第２溝部１３ＣＭ及び第１溝部１３Ａ２に沿って移動させ、回転方向に基づいて第２筒状部を第１筒状部に対して中心軸Ｌの軸方向に沿って任意の移動量において移動させることができる。
【００３５】
　水袋１４は、例えば、下方に膨出する碗状に形成されている。水袋１４は、生体適合性があり、音響インピーダンスが生体に近い材料で形成されている。水袋１４は、例えば、シリコンゴム等の可撓性を有する材料により形成されている。水袋１４は、治療毎に交換可能に形成されている。水袋１４の下面側には、患者Ｋの身体に接触する接触部１４Ａが形成されている。接触部１４Ａは、半球形の盆状に形成されている。接触部１４Ａの周囲には、下部が接触部に連続し接触部の周囲の上方を囲むように延在して筒状の周壁部１４Ｂが形成されている。周壁部１４Ｂは、例えば、上方に向かうほど径が拡大する円錐台状に形成されている。周壁部１４Ｂは、超音波ヘッド装置１０の装着対象部分（不図示）に装着される。周壁部１４Ｂの上端には、装着対象部分に係合するフランジ部１４Ｃが形成されている。フランジ部１４Ｃは、水平方向において外方に突出した円環状に形成されている。
【００３６】
　周壁部１４Ｂには、流体回路部２５により媒介液を水袋に流通させる給排水部１４Ｒが設けられている。給排水部１４Ｒは、流体回路部２５から媒介液が流入する流入接続部１４ＲＡと、水袋１４から媒介液が排出する排出接続部１４ＲＢとを備えている。周壁部１４Ｂの第１位置には、流入接続部１４ＲＡが設けられている。流入接続部１４ＲＡは、流体回路部２５の流路と接続される。平面視して周壁部１４Ｂの第１位置と異なる第２位置には、排出接続部１４ＲＢが設けられている。第２位置は、例えば、平面視して第１位置に対して接触部１４Ａの中心から９０度の位置である。排出接続部１４ＲＢは、流体回路部２５の流路と接続される。
【００３７】
　図５には、超音波ヘッド装置１０の本体部１１の内部構造が示されている。第３筒状部１３Ｃは、第１駆動部Ｃにより中心軸Ｌを中心に回転駆動される。第１駆動部Ｃは、例えば、駆動源Ｃ１となる第１モータと、第１モータにより回転駆動される第１ギヤ（不図示）と、第１ギヤに噛合する第２ギヤＣ３とにより構成されている。第１モータと第１ギヤとの間には第１モータの回転数を減少させると共に回転出力のトルクを増加させる減速機Ｃ５が設けられている。第１モータに十分なトルクがあれば、減速機Ｃ５は必ずしも設けられていなくてもよい。
【００３８】
　第１モータは、中心軸Ｌに沿った回転軸（不図示）を有し、回転軸の下方には第１ギヤが設けられている。第１ギヤは、例えば、ピニオンギヤである。第１モータは、第１筒状部１３Ａ側を固定するベース部１１Ｋに固定部材Ｃ６を介して固定されている。第１モータは、第１ギヤを介して回転動力を第２ギヤＣ３に伝達する。第２ギヤＣ３は、例えば、第１筒状部１３Ａの外径と同径の外径を有する内歯車（ラックギア）に形成されている。第２ギヤＣ３は、内歯車の一部が中心軸Ｌを中心とした所定角度範囲に切り出されて形成されている。第２ギヤＣ３は、上述した係合部材１３ＢＰが第２溝部１３ＣＭの終端から始端まで相対的に第２溝部１３ＣＭに沿って移動可能な所定角度範囲に形成されている。第２ギヤＣ３は、例えば、ベース部１１Ｋを介して第３筒状部１３Ｃの上端にネジ止めされている。

【００３９】
上記構成により、出力部Ｃ２となる第１ギヤが第１モータにより回転駆動されると、第２ギヤＣ３に駆動力が伝達され、第２ギヤＣ３を介して第３筒状部１３Ｃが中心軸Ｌを中心に回転駆動される。第１モータにより第３筒状部１３Ｃが回転駆動されることにより、第２筒状部１３Ｂが第１筒状部１３Ａに対して軸方向に沿って所定の範囲内において任意の移動量を移動する。以上のように、水袋１４は下方に膨出する碗状に形成されており、移動機構１３は、第１筒状部１３Ａに対して第２筒状部１３Ｂ及び第２筒状部１３Ｂの下方に取り付けられた水袋１４を移動させるように構成されている。そのため、水袋１４が蛇腹状の伸縮構造を有している場合と比較して、水袋１４の交換後に液体貯留部１２の内部空間に媒介液を充填する際に気泡の混入を防止することができる。

【００４０】
図６に示されるように、第２照射部１１Ｃ（図４Ｂ参照）は、中心軸Ｌを中心に第２駆動部Ｄにより回転駆動される。第２駆動部Ｄは、例えば、駆動源となる第２モータＤ１と、第２モータＤ１により回転駆動される第１プーリＤ２と、第１プーリＤ２の回転動力を伝達する第１ベルトＤ３と、第１ベルトＤ３により回転駆動される第２プーリＤ４とにより構成されている。第２モータＤ１と第１プーリＤ２の間には第２モータＤ１の回転数を減少させると共に回転出力のトルクを増加させる減速機Ｄ５が設けられている。第２モータＤ１のトルクが十分に確保されていれば、減速機Ｄ５は必ずしも設けられていなくてもよい。第２モータＤ１は、中心軸Ｌに沿った回転軸（不図示）を有し、回転軸の下方には第１プーリＤ２が設けられている。

【００４１】
第１プーリＤ２には、例えば、第１ベルトＤ３が掛けられている。第２プーリＤ４は、第１プーリＤ２の径に比して大きい径に形成されている。第２プーリＤ４には、第１ベルトＤ３が掛けられている。第２プーリＤ４には、第２照射部１１Ｃ（図２参照）に連結されたシャフト１１Ｓが同心に接続されている。シャフト１１Ｓは、第２照射部１１Ｃの上方に延在している。シャフト１１Ｓの下端部には、第２照射部１１Ｃが設けられている。シャフト１１Ｓは、ベース部１１Ｋにより中心軸Ｌ回りに回転可能に支持されると共に、中心軸Ｌ方向に沿って移動可能に支持されている。

【００４２】
第２プーリＤ４は、第１プーリＤ２の回転出力のトルクを増加してシャフト１１Ｓを介して第２照射部１１Ｃを回転駆動する。第２モータＤ１は、支持部材Ｄ６を介して固定されている。支持部材Ｄ６は、中心軸Ｌを中心とした第２モータＤ１の周方向の動きを規制する。支持部材Ｄ６は、後述のように中心軸Ｌ方向に沿って移動する。上記構成により、第２モータＤ１により第１プーリＤ２が回転駆動されると、第１ベルトＤ３を介して第２プーリＤ４が回転し、シャフト１１Ｓを介して第２照射部１１Ｃが回転駆動される。

【００４３】
図７に示されるように、第１照射部１１Ｂ（図４Ｂ参照）は、第３駆動部Ｅにより、シャフト１１Ｓを介して中心軸Ｌ方向に沿って移動可能に構成されている。第３駆動部Ｅは、例えば、駆動源となる第３モータＥ１と、第３モータＥ１を支持する支持部Ｅ８と、第３モータＥ１により回転駆動されるボールネジＥ２と、ボールネジＥ２に螺合するスライドナットＥ３と、スライドナットＥ３を支持する台座Ｅ４と、台座Ｅ４と第２モータＤ１を支持する支持部材Ｄ６とを連結する連結部材Ｅ５とにより構成されている。

【００４４】
第３モータＥ１は、支持部Ｅ８によりベース部１１Ｋに固定されている。支持部Ｅ８は、例えば、第３モータＥ１を固定する固定部材Ｅ８Ａを備えている。固定部材Ｅ８Ａは、２本の支柱Ｅ８Ｂにより、ベース部１１Ｋに固定されている。第３モータＥ１は、中心軸Ｌに沿った回転軸（不図示）を有し、回転軸の下方にはボールネジＥ２が連結されている。ボールネジＥ２には、ネジ溝が形成されている。ボールネジＥ２の下端側は、ベース部１１Ｋに軸受ＥＢを介して回転可能に支持されている。

【００４５】

ボールネジＥ２には、スライドナットＥ３が螺合している。スライドナットＥ３には、ボールネジＥ２のネジ溝が螺合する雌ネジ（不図示）が形成されている。スライドナットＥ３は、台座Ｅ４により支持されている。台座Ｅ４は、連結部材Ｅ５を介して支持部材Ｄ６に固定されている。台座Ｅ４は、支持部材Ｄ６及びシャフト１１Ｓを介して位置決めされている。台座Ｅ４は、支持部材Ｄ６及びシャフト１１Ｓによりボールネジ Ｅ２の回転軸回りの回転が規制される。上記構成により、第３モータＥ１を駆動すると、ボールネジＥ２が回転駆動される。

【００４６】

ボールネジＥ２が回転軸周りの所定方向に回転すると、例えば、スライドナットＥ３が下方に移動する。スライドナットＥ３が下方に移動すると、台座Ｅ４、連結部材Ｅ５、支持部材Ｄ６を介してシャフト１１Ｓが下方に移動する。これにより、第２照射部１１Ｃが下方に移動する。ボールネジＥ２が回転軸周りの所定方向と反対方向に回転すると、例えば、スライドナットＥ３が上方に移動する。スライドナットＥ３が上方に移動すると、台座Ｅ４、連結部材Ｅ５、支持部材Ｄ６を介してシャフト１１Ｓが上方に移動する。これにより、第２照射部１１Ｃが上方に移動する。

【００４７】

図８には、第１照射部１１Ｂ（図３、図４Ｂ参照）を中心軸Ｌ回りに回転駆動する第４駆動部Ｆが示されている。第１照射部１１Ｂは、第４駆動部Ｆにより、中心軸Ｌ回りに回転可能に構成されている。第４駆動部Ｆは、例えば、駆動源となる第４モータＦ１と、第４モータＦ１により回転駆動される第３プーリＦ２と、第３プーリＦ２との回転動力を伝達する第２ベルトＦ３と、第２ベルトＦ３により回転駆動される第４プーリＦ４とにより構成されている。第４モータＦ１と第３プーリＦ２との間には第４モータＦ１の回転数を減少させると共に回転出力のトルクを増加させる減速機Ｆ５が設けられている。第４モータＦ１のトルクが十分に確保されていれば、減速機Ｆ５は必ずしも設けられていなくてもよい。第４モータＦ１は、中心軸Ｌに沿った回転軸（不図示）を有し、回転軸の下方には第３プーリＦ２が設けられている。

【００４８】

第３プーリＦ２には、例えば、第２ベルトＦ３が掛けられている。第４プーリＦ４は、第３プーリＦ２の径に比して大きい径に形成されている。第４プーリＦ４には、第２ベルトＦ３が掛けられている。第４プーリＦ４の中心には、貫通孔Ｆ４Ｈが設けられ、貫通孔Ｆ４Ｈにはシャフト１１Ｓが貫通している。第４プーリＦ４の下面側には第１照射部１１Ｂが中心軸Ｌ方向を中心に回転可能に設けられている。第４モータＦ１は、減速機Ｆ５に固定されている。減速機Ｆ５は、支持部Ｆ８によりベース部１１Ｋ側に固定されている。第４プーリＦ４は、第３プーリＦ２の回転出力のトルクを増加して第１照射部１１Ｂを回転駆動する。上記構成により、第４モータＦ１により第３プーリＦ２が回転駆動されると、第２ベルトＦ３を介して第４プーリＦ４が回転し、第１照射部１１Ｂが回転駆動される。第１照射部１１Ｂは、ｎ個の焦点Ｘを有する場合（図３参照）、回転可能範囲は、少なくとも３６０°／ｎ（一方向に３６０°／ｎ、又は双方向に１８０°／ｎ）あれば良い。第１照射部１１Ｂの焦点Ｘが１つの場合、第１照射部１１Ｂは、回転駆動されなくてもよい。第１照射部１１Ｂが中心軸Ｌと直交する平面上に焦点Ｘを複数生成する場合、第２照射部１１Ｃは位置・姿勢を決める際に回転する為、第１照射部１１Ｂの焦点Ｘと第２照射部１１Ｃの撮像面とが一致しない場合がある。超音波による治療は局所的な為、焦点Ｘが撮像面と一致していない場合、治療状況を正確に撮像することができず、治療精度が低下する恐れがある。その為、複数の焦点Ｘの何れかと撮像面を一致させる必要がある。一致する焦点はどの焦点でも問題ないため、第１照射部１１Ｂの回転可能範囲は上記の様な範囲で良い。

【００４９】

図９に示されるように、患者Ｋの身体の内部に患部ＫＤが存在している。第２照射部１１Ｃは、水袋１４の内壁に当接し、水袋１４を介して患者Ｋの体表面に当接している。第１照射部１１Ｂの照射面１１Ｂ１により生成される超音波の焦点Ｘが患部ＫＤに比して上

方に位置する場合（図９（Ａ）参照）、第２照射部１１Ｃを上昇させ、作業者がロボットアーム２を操作して超音波ヘッド装置１０を下方へと移動させる。これにより、焦点Ｘの位置を患部ＫＤの位置に一致させることができる（図９（Ｂ）参照）。このとき、液体貯留部１２に充填された媒介液の水圧が規定の値よりも高くなる虞がある。そこで、流体回路部２５が水袋１４内の媒介液を排出し、移動機構１３において第３筒状部１３Ｃを回転させ、第２筒状部１３Ｂを第１筒状部１３Ａに対して上昇させる。これにより、液体貯留部１２内の媒介液の水量及び水圧を適切に保った状態で水袋１４を患者Ｋの体表面に当接させることが可能となる。その結果、治療に用いられる超音波を超音波ヘッド装置１０から媒介液を介して患部に対して適切に伝達することができる。

【００５０】

図１０に示されるように、患者Ｋの身体の内部に患部ＫＤが存在している。第２照射部１１Ｃは、水袋１４の内壁に当接し、水袋１４を介して患者Ｋの体表面に当接している。第１照射部１１Ｂにより生成される超音波の焦点Ｘが患部ＫＤに比して下方に位置する場合（図１０（Ａ）参照）、作業者がロボットアーム２を操作して超音波ヘッド装置１０を上方へ移動させる。その後、第２照射部１１Ｃを下降させ、水袋１４を介して患者Ｋの体表面に当接させる。これにより、焦点Ｘの位置を患部ＫＤの位置に一致させることができる（図１０（Ｂ）参照）。このとき、液体貯留部１２に充填された媒介液の量が十分でない場合、水袋１４が適切な水圧を保つことができず、水袋１４と患者Ｋの体表面間に空気が入って隙間ができる虞がある。また、水袋１４と患者Ｋの接触面積が十分に確保できず、超音波が適切に伝達しない虞がある。そこで、流体回路部２５が水袋１４内に媒介液を供給し、移動機構１３において第３筒状部１３Ｃを回転させ、第２筒状部１３Ｂを第１筒状部１３Ａに対して下降させる。これにより、液体貯留部１２内の媒介液の水量及び水圧を適切に保った状態で水袋１４を患者Ｋの体表面に当接させることが可能となり、患部ＫＤに適切に超音波を伝達させることが可能となる。これにより、超音波が適切に伝達されないことによる意図しない箇所への焼灼を防止する。

【００５１】

上述のように、患部ＫＤの患者体表面からの位置に応じて、超音波ヘッド装置１０は、照射面１１Ｂ１からの水袋１４の距離と、水袋１４内に充填する媒介液の水量を調節することができる。これにより、水袋１４内の水圧と、水袋１４と患者体表面との接触面を適切な状態に保つことが可能となる。その結果、治療に用いられる超音波を超音波ヘッド装置１０から媒介液を介して患部に対して適切に伝達することができる。ここで、流体回路部２５による媒介液の供給・排出は移動機構１３の移動動作の前または後に行ってもよいし、移動動作と同時に行ってもよい。

【００５２】

図１１には、超音波治療システムＳの構成がブロック図により示されている。制御装置４０は、ロボットアーム２、超音波ヘッド装置１０、及び流体回路部２５を含む超音波治療装置１を制御する。制御装置４０は、例えば、パーソナルコンピュータ等の情報処理端末装置により構成されている。制御装置４０は、超音波治療装置１と通信可能に接続されている。制御装置４０は、直接的に超音波治療装置１と接続されているものの他、ネットワークに接続され、超音波治療装置１と通信可能に接続されたサーバーであってもよい。

【００５３】

制御装置４０は、超音波治療装置１を制御する制御部４２を備えている。制御装置４０は、制御に必要なデータが記憶された記憶部４６と、超音波治療装置１と通信する通信部４７と、制御に必要な情報を表示する表示部４８と、制御に必要な操作を受け付ける入力部４９とを備えている。

【００５４】

記憶部４６は、ハードディスクドライブ、フラッシュメモリ等の記憶媒体により構成されるデータのストレージ装置である。記憶部４６は、制御装置４０に内蔵されていてもよいし、外部記憶装置として外部に接続されていてもよい。通信部４７は、超音波治療装置１と制御信号の送受信を行う通信インターフェースである。通信部４７は、制御を要求す

る指令信号や超音波治療装置１から検出された検出信号等を受信すると共に、超音波治療装置１を制御するための制御信号を送信する。

【００５５】

表示部４８は、液晶ディスプレイや有機ＥＬ（Organic Electro-Luminescence）ディスプレイ等の表示装置により構成されている。入力部４９は、キーボード等のタッチパッド等の情報入力装置である。入力部４９は、表示部４８がタッチ操作可能に構成されている場合、表示部４８と一体に構成されていてもよい。表示部４８は、超音波治療装置１の制御に関する情報を含む表示画像を表示する。表示部４８は、第２照射部１１Ｃにより検出された検出値に基づいて生成された患者Ｋの身体の診断画像を表示する。

【００５６】

制御部４２は、超音波治療装置１を個別に制御するために以下の複数の制御部を備えている。制御部４２は、例えば、入力部４９から入力された情報に基づいて超音波治療装置１の制御を統合的に制御する主制御部４２Ａを備えている。制御部４２は、例えば、入力部４９から入力された指令に基づいてロボットアーム２を制御するロボットアーム制御部４２Ｂを備えている。制御部４２は、例えば、入力部４９から入力された指令に基づいて超音波ヘッド装置１０を制御する超音波ヘッド制御部４２Ｃを備えている。制御部４２は、例えば、入力部４９から入力された指令に基づいて流体回路部２５を制御する送液制御部４２Ｄを備えている。

【００５７】

主制御部４２Ａは、例えば、入力部４９から入力された情報に基づいて超音波治療装置１を制御するための指令信号を生成する。主制御部４２Ａは、超音波治療装置１が協働して動作するように下記の各制御部と協働して統合的な制御を行う。主制御部４２Ａは、例えば、制御装置４０に設けられている中央演算装置により構成されている。

【００５８】

ロボットアーム制御部４２Ｂは、ロボットアーム２に設けられた駆動部３Ａを制御する。ロボットアーム制御部４２Ｂは、例えば、ロボットアーム２側に設けられていてもよいし、制御装置４０の制御部４２に統合されていてもよい。ロボットアーム制御部４２Ｂは、例えば、ロボットアーム２が有する複数の関節に設けられた複数の駆動モータを個別に制御する。ロボットアーム制御部４２Ｂは、ロボットアーム２に所定の動作を要求する指令信号を取得し、指令信号の内容に基づいて複数の駆動モータの個別の制御量を演算し、制御信号を生成する。ロボットアーム制御部４２Ｂは、駆動部３Ａに設けられ、各駆動モータの回転角、トルク等を検出する検出部３Ｂから検出データを取得する。ロボットアーム制御部４２Ｂは、検出部３Ｂから取得したデータに基づいて複数のアーム部材３－ｎの姿勢及び加える作用力の大きさと方向とに応じた制御信号を生成し、ロボットアーム２を制御する。また、ロボットアーム２は協働ロボットであってもよい。その場合、作業者がロボットアーム２の姿勢を変更する様に力を加えた際、ロボットアーム制御部４２Ｂは、作業者の操作にならって超音波ヘッド装置１０の位置・姿勢を変更する様に複数の駆動モータを個別に制御する。

【００５９】

ロボットアーム制御部４２Ｂは、通信部４７を介して制御信号をロボットアーム２に送信し、ロボットアーム２に所定の動作を行うように制御する。ロボットアーム制御部４２Ｂは、通信部４７を介してロボットアーム２の各関節の駆動量のデータを取得し、ロボットアーム２の動作を調整する。

【００６０】

ロボットアーム制御部４２Ｂは、例えば、治療時においてロボットアーム２を制御して、ロボットアーム２に設けられた超音波ヘッド装置１０の第１照射部１１Ｂの焦点Ｘが患者Ｋの患部ＫＤの位置に配置されるように位置決めし、所定の姿勢に保持する。ロボットアーム制御部４２Ｂは、例えば、治療が終了した後の治療準備時において後述の様にロボットアーム２を制御して、超音波ヘッド装置１０の液体貯留部１２から媒介液を排出し易いように超音波ヘッド装置１０を所定の第１姿勢に保持する。ロボットアーム制御部４２

Ｂは、例えば、治療開始前の治療準備時において、後述の様にロボットアーム２を制御して、超音波ヘッド装置１０の液体貯留部１２に媒介液を供給し易いように超音波ヘッド装置１０を所定の第２姿勢に保持する。

【００６１】

超音波ヘッド制御部４２Ｃは、治療時において超音波ヘッド装置１０が所定位置に位置決めされた後、取得した指令信号に基づいて超音波ヘッド装置１０を制御して必要な動作をさせる。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、例えば、超音波ヘッド装置１０側に設けられていてもよいし、制御装置４０の制御部４２に統合されていてもよい。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、超音波ヘッド装置１０に所定の動作を要求する指令信号を取得し、指令信号の内容に基づいて複数の照射部の個別の制御量を演算し、制御信号を生成する。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、通信部４７を介して制御信号を超音波ヘッド装置１０に送信し、超音波ヘッド装置１０に必要な動作を行うように制御する。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、例えば、第１駆動部Ｃを制御して、第３筒状部１３Ｃを回転させ、第２筒状部１３Ｂの軸方向に沿った移動量を調整し、照射面１１Ｂ１からの水袋１４の位置を制御する。

【００６２】

また、超音波ヘッド制御部４２Ｃは、第４駆動部Ｆを制御して第１照射部１１Ｂを中心軸Ｌ周りに回転させ、治療用の超音波の複数の焦点Ｘの何れかと第２照射部１１Ｃの走査面を一致させる。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、第３駆動部Ｅを制御して、シャフト１１Ｓの移動量を調整し、第２照射部１１Ｃを水袋１４の内壁に当接させる。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、第２駆動部Ｄを制御して、第２照射部１１Ｃを中心軸Ｌ周りに回転させ、患部ＫＤに対する診断用超音波の走査方向を調整する。

【００６３】

送液制御部４２Ｄは、流体回路部２５に設けられるポンプ部２６及びバルブ部２７により構成された複数の回路制御機器を制御して流体回路部２５に媒介液を流通させる。流体回路部２５は、水袋１４に媒介液を供給すると共に、水袋１４から媒介液を排出させる給排水機構に構成されている。送液制御部４２Ｄは、水袋１４内に媒介液を供給する場合、ポンプ部２６及びバルブ部２７を制御して流体回路部２５から水袋１４に流入接続部１４ＲＡを介して媒介液を流入させる。送液制御部４２Ｄは、水袋１４内から媒介液を排出させる場合、ポンプ部２６及びバルブ部２７を制御して排出接続部１４ＲＢを介して水袋１４から流体回路部２５に媒介液を排出させる。

【００６４】

送液制御部４２Ｄは、超音波ヘッド制御部４２Ｃと連動して流体回路部２５を制御する。送液制御部４２Ｄは、超音波ヘッド制御部４２Ｃが移動機構を制御して水袋を移動させる際に、給排水機構を制御して移動に応じて変化する水袋１４の内部空間に媒介液を充填させる。送液制御部４２Ｄは、筐体２０側に設けられていてもよいし、制御装置４０の制御部４２に統合されていてもよい。送液制御部４２Ｄは、複数の回路制御機器に所定の動作を要求する指令信号を取得し、指令信号の内容に基づいて複数の回路制御機器の個別の制御量を演算し、制御信号を生成する。送液制御部４２Ｄは、通信部４７を介して制御信号を複数の回路制御機器に送信し、複数の回路制御機器に必要な動作を行うように制御する。

【００６５】

送液制御部４２Ｄは、治療時において、流体回路部２５を制御して、液体貯留部１２に貯留される媒介液の貯留量を調整する。送液制御部４２Ｄは、治療が終了した後の治療準備時において超音波ヘッド装置１０が所定の第１姿勢に保持された場合、流体回路部２５を制御して液体貯留部１２から媒介液を排出させる共に、流体回路部２５から媒介液を排出する。送液制御部４２Ｄは、治療開始前の治療準備時において、超音波ヘッド装置１０が所定の第２姿勢に保持された場合、流体回路部２５を制御して流体回路部２５へ新たな媒介液を供給すると共に、液体貯留部１２に媒介液を供給させる。上記構成により、制御装置４０は、入力された操作内容に基づいて超音波治療装置１を統合的に動作させることができる。

【００６６】
上述した制御部４２を構成する、主制御部４２Ａ、ロボットアーム制御部４２Ｂ、超音波ヘッド制御部４２Ｃ、送液制御部４２Ｄを含むこれらの構成要素は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）などのハードウェアプロセッサがプログラム（ソフトウェア）を実行することにより実現される。これらの構成要素のうち一部または全部は、ＬＳＩ（Large Scale Integration）やＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＦＰＧＡ（Field-ProgrammableGate Array）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）などのハードウェア（回路部；circuitryを含む）によって実現されてもよいし、ソフトウ
ェアとハードウェアの協働によって実現されてもよい。プログラムは、予めＨＤＤ（Hard Disk Drive）やフラッシュメモリなどの記憶装置（非一過性の記憶媒体を備える記憶装置）に格納されていてもよいし、ＤＶＤやＣＤ－ＲＯＭなどの着脱可能な記憶媒体（非一過性の記憶媒体）に格納されており、記憶媒体がドライブ装置に装着されることで記憶装置にインストールされてもよい。上記制御部４２において実行される処理は、クラウドコンピューティングによりサーバー上のコンピュータで処理が行われてもよい。上記制御部４２において実行される処理は、分散型の複数のコンピュータにおいて分散して機能が実行されてもよい。
【００６７】
図１２には、超音波治療システムＳにおいて実行される制御方法の処理の流れが示されている。制御装置４０においてロボットアーム制御部４２Ｂは、ロボットアーム２を制御してロボットアーム２に支持された超音波ヘッド装置１０を待機位置から移動し（移動工程）、第１照射部１１Ｂの照射面１１Ｂ１の焦点Ｘの位置と治療対象物の患部の位置とを一致させる（位置合わせ工程）（ステップＳ１００）。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、第１照射部１１Ｂの照射面１１Ｂ１と治療対象物の体表面との距離に応じて、超音波ヘッド装置１０に設けられた移動機構１３を制御して照射面１１Ｂ１の中心軸方向に沿って媒介液を収容する水袋１４を照射面１１Ｂ１に対して移動させる（第一の移動工程）（ステップＳ１０２）。
【００６８】
送液制御部４２Ｄは、給排水機構を制御して、媒介液を水袋に流通させて水袋内に媒介液を供給する（供給工程）（ステップＳ１０４）。超音波ヘッド制御部４２Ｃは、超音波ヘッド装置を制御して第１照射部１１Ｂの照射面１１Ｂ１から超音波を患部の位置に照射する（照射工程）（ステップＳ１０６）。制御部４２は、給排水機構を制御して水袋１４の内部空間から媒介液を排出し（排出工程）、第１駆動部を制御して水袋１４を移動させて初期状態へと戻し（第二の移動工程）、ロボットアーム２を制御して超音波ヘッド装置１０を待機位置へと移動させる（ステップＳ１０８）。また、制御部４２は、ロボットアーム２を制御して超音波ヘッド装置１０を待機位置へと移動させた後、給排水機構を制御して水袋１４の内部空間から媒介液を排出し、第１駆動部を制御して水袋１４を移動させて初期状態へと戻してもよい。上記各ステップは、適宜入れ替えられてもよいし、同時に実行されてもよい。
【００６９】
上述したように超音波治療装置１によれば、ロボットアーム２を操作し超音波ヘッド装置１０の位置・姿勢を操作することにより、第１照射部１１Ｂが照射するＨＩＦＵの焦点Ｘの位置を患部ＫＤの位置に調整することができる。超音波ヘッド装置１０によれば、移動機構１３によって水袋１４を軸方向に移動可能にすることにより、第１照射部１１Ｂの照射面１１Ｂ１と患者Ｋの体表面との距離に応じて、液体貯留部１２の容積・水圧を適切な値に設定することができる。その結果、治療に用いられる超音波を超音波ヘッド装置１０から媒介液を介して患部に対して適切に伝達することができる。
【００７０】
移動機構１３は、第１筒状部１３Ａに対して第２筒状部１３Ｂが移動するように構成され、水袋１４が下方に膨出する碗状に形成されることにより、水袋１４の内部に媒介液を

充填する際に媒介液に気泡が混入することを防止することができる。超音波ヘッド装置１０によれば、第３筒状部１３Ｃに形成された第２溝部１３ＣＭと中心軸Ｌと直交する平面との角度を緩やかにすることにより、第２筒状部１３Ｂを回転駆動させるために必要な力を小さくすることができ、ひいては、第１駆動部Ｃの小型化及び装置構成を小型化することができる。

【００７１】

［変形例］

以下、移動機構１３の変形例について説明する。以下の説明では、上記実施形態と同一の構成については同一の名称及び符号を用い、重複する説明は適宜省略する。

【００７２】

図１３に示されるように、移動機構１３は、超音波ヘッド装置１０の外周方向に張り出す様に形成されたベース部１１Ｋに設けられた第１駆動部Ｃにより駆動されてもよい。第１駆動部Ｃは、例えば、電動シリンダ、エアシリンダ等の直動駆動装置により構成されている。第１駆動部Ｃは、駆動源Ｃ１となるシリンダ本体と出力部Ｃ２となるロッドを有する。第１駆動部Ｃは、シリンダ本体がベース部１１Ｋに固定されて設けられており、平面視において第２筒状部１３Ｂの外周面１３Ｂ１よりも外側に、後述するロッドと第２筒状部フランジ１３ＢＦの固定部が位置する。ロッドは軸方向に延設されており、その下端部は、第２筒状部１３Ｂに設けられた第２筒状部フランジ１３ＢＦに固定されている。ロッドを軸方向に伸縮させることで第１筒状部１３Ａに対して第２筒状部１３Ｂを移動させることができる。この時、第２筒状部１３Ｂは、第１筒状部１３Ａに対して軸方向に沿って所定の移動量の範囲において移動するように構成されている。また、変形例においても、上記実施形態と同様に、第１筒状部１３Ａの中心軸方向に沿って第１溝部１３Ａ２を第１筒状部１３Ａの外周面１３Ａ１上に１つ以上形成し、第２筒状部１３Ｂには、径方向内側に沿って突出し、第１溝部１３Ａ２と係合するように形成された１つ以上の係合部材１３ＢＰを設けてよく、第２筒状部１３Ｂの中心軸方向に沿って第１溝部（図示なし）を第２筒状部１３Ｂの内周面１３Ｂ２上に１つ以上形成し、第１筒状部１３Ａには、径方向外側に沿って突出し、第１溝部（図示なし）と係合するように形成された１つ以上の係合部材（図示なし）を設けてもよい。この場合の変形例に係る移動機構１３においては、第３筒状部１３Ｃは無くてもよい。

【００７３】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記の一実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

【符号の説明】

【００７４】

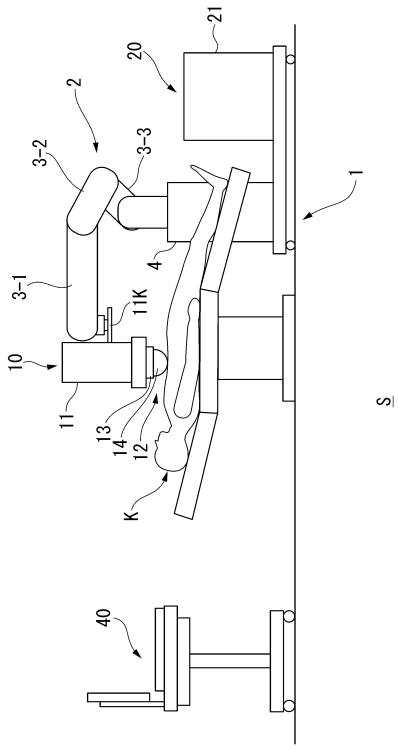
２　ロボットアーム
３Ａ　駆動部
１０　超音波ヘッド装置
１１Ａ　照射部
１１Ｂ　第１照射部
１１Ｂ１　照射面
１１Ｃ　第２照射部
１１Ｋ　ベース部
１３　移動機構
１３Ａ　第１筒状部
１３Ａ１　外周面
１３Ａ２　第１溝部
１３Ａ３　摺動領域
１３Ｂ　第２筒状部
１３Ｂ１　外周面
１３ＢＰ　係合部材

１３Ｃ　第３筒状部
１３Ｃ２　筒状部
１３ＣＦ　フランジ部
１３ＣＭ　第２溝部
１４　水袋
１４Ｃ　フランジ部
１４Ｒ　給排水部
４０　制御装置
Ｃ　第１駆動部
Ｃ１　駆動源
Ｃ２　出力部
Ｄ　第２駆動部
Ｅ　第３駆動部
Ｆ　第４駆動部
ＫＤ　患部
Ｌ　中心軸
Ｓ　超音波治療システム
Ｔ　取付部
Ｘ　焦点

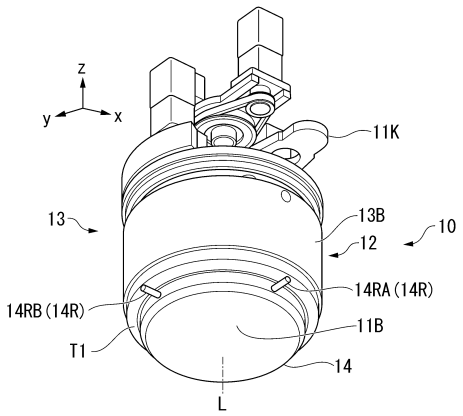
【要約】
ロボットアーム（２）に支持されたベース部（１１Ｋ）と、ベース部（１１Ｋ）に設けられ、超音波を照射する半球状の照射面（１１Ｂ１）を有する照射部（１１Ａ）と、超音波を伝達する媒介液を収容し、照射面（１１Ｂ１）を覆う水袋（１４）と、媒介液を水袋（１４）に流通させる給排水部（１４Ｒ）と、ベース部（１１Ｋ）に設けられ、照射面（１１Ｂ１）の中心軸（Ｌ）方向に沿って水袋（１４）を照射面（１１Ｂ１）に対して移動自在に支持する移動機構と、を有し、移動機構は、ベース部（１１Ｋ）側に設けられた第１筒状部（１３Ａ）と、第１筒状部（１３Ａ）に対して中心軸（Ｌ）方向に沿って移動自在に設けられた第２筒状部（１３Ｂ）と、第２筒状部（１３Ｂ）を中心軸（Ｌ）方向に沿って移動させる第１駆動部（Ｃ）と、を備え、第２筒状部（１３Ｂ）は、中心軸（Ｌ）方向に沿ってベース部（１１Ｋ）と異なる側に水袋（１４）が固定される、超音波ヘッド装置（１０）である。

【図面】

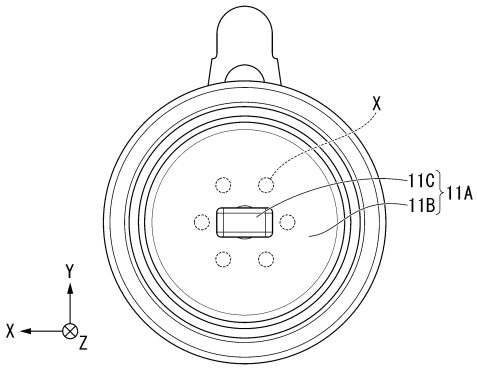
【図１】



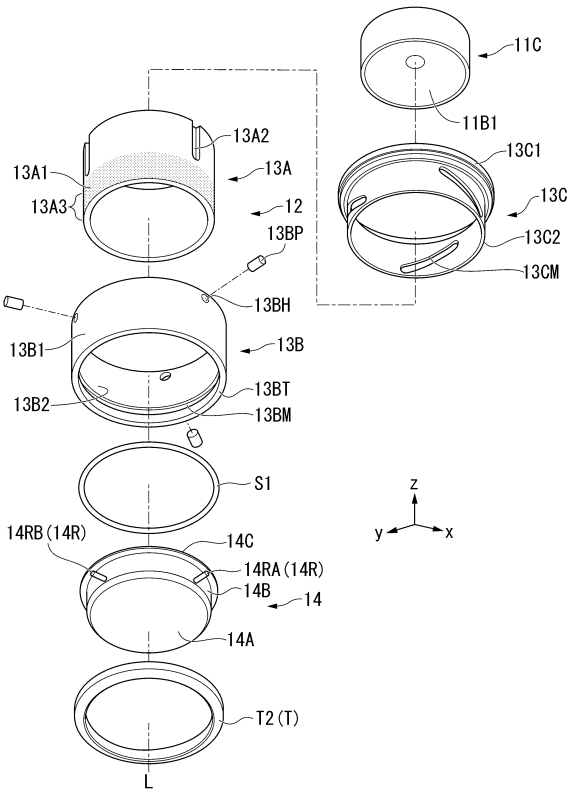
【図２】



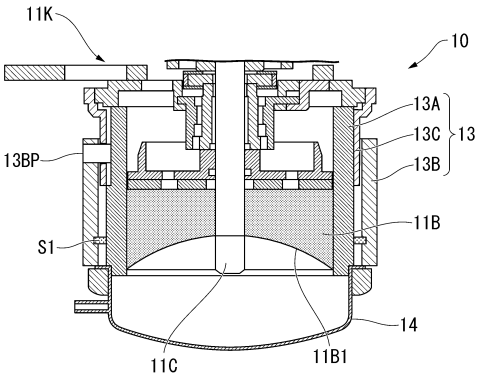
【図３】



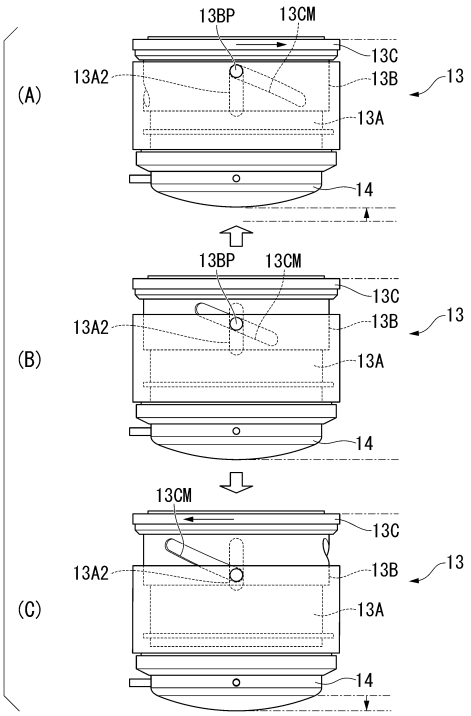
【図４Ａ】



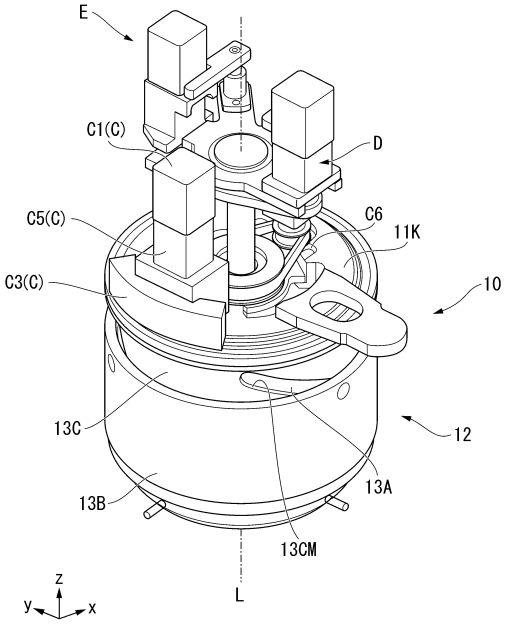
【図４Ｂ】


11K
10
13A
13C
13
13BP
13B
11B
S1
14
11C
11B1

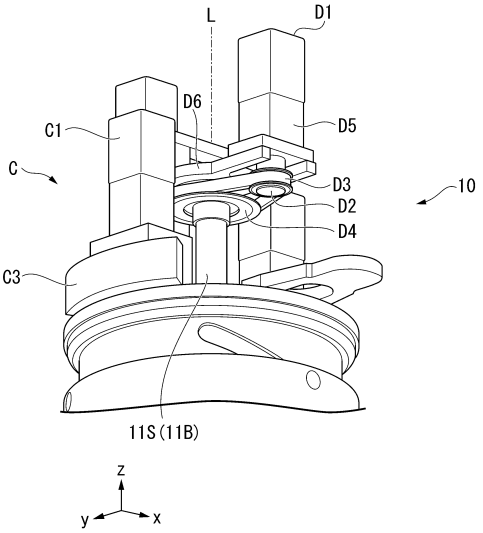
【図４Ｃ】


13BP
13CM
13C
13A2
13B
13
(A)
13A
14
13BP
13CM
13C
13A2
13B
13
(B)
13A
14
13CM
13C
13A2
13B
13
(C)
13A
14

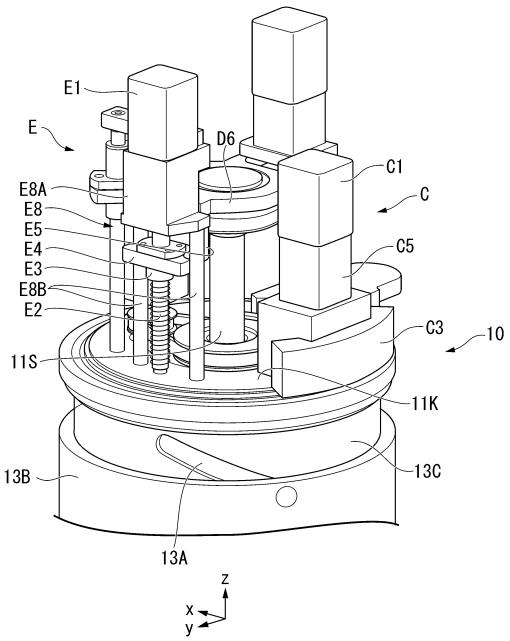
【図５】


E
C1(C)
D
C5(C)
C6
11K
C3(C)
10
13C
12
13A
13B
13CM
L
z
y
x

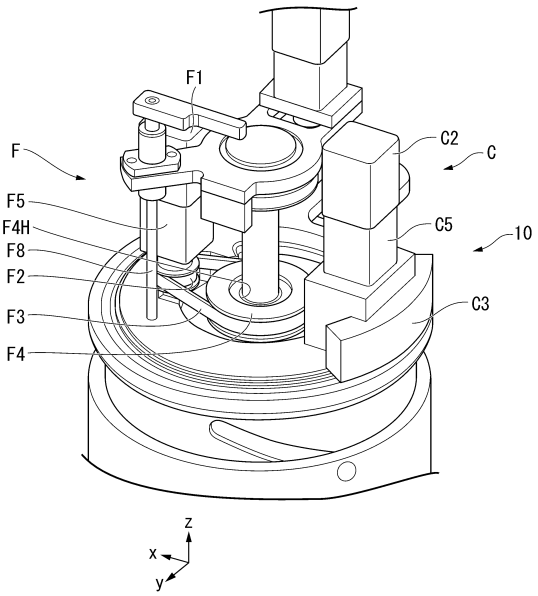
【図６】


L
D1
D6
C1
D5
C
D3
10
D2
D4
C3
11S(11B)
z
y
x

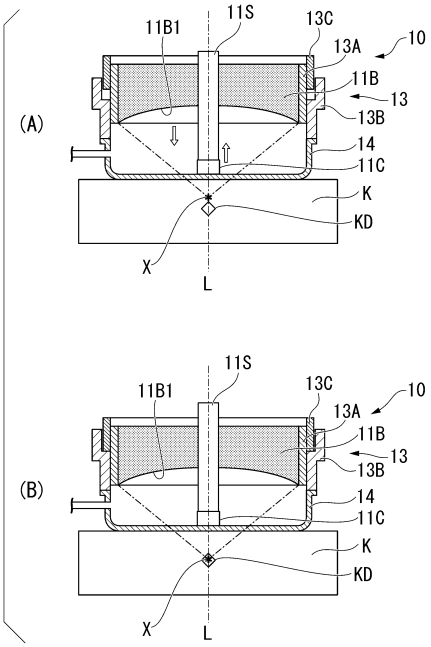
【図７】


E1
E
D6
C1
C
E8A
E8
E5
E4
E3
E8B
E2
C5
C3
10
11S
11K
13B
13C
13A
z
x
y

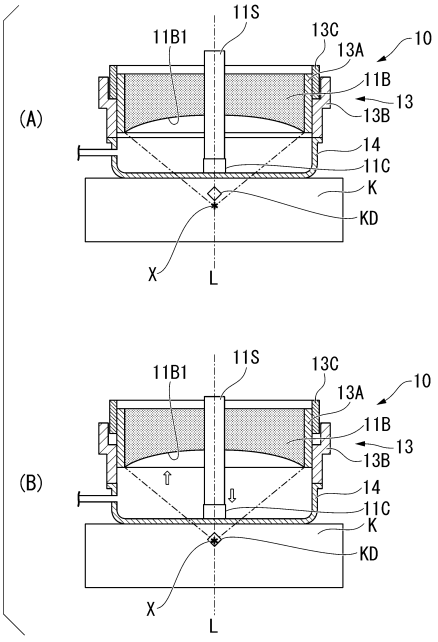
【図８】


F1
F
C2
C
F5
F4H
F8
F2
F3
F4
C5
10
C3
z
x
y

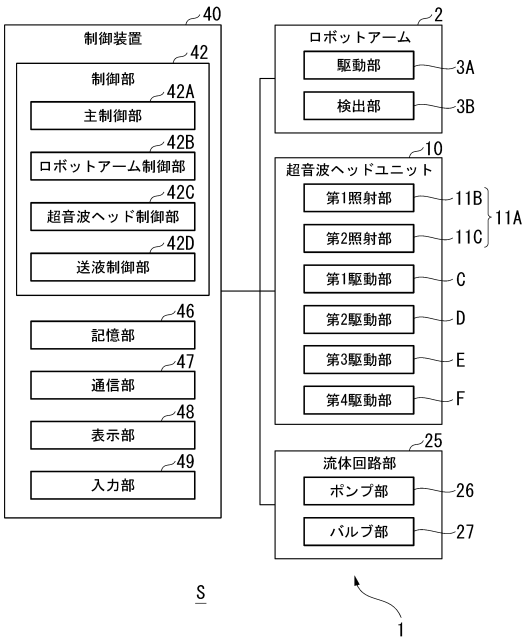
【図９】


(A)
11B1
11S
13C
13A
10
11B
13
13B
14
11C
K
KD
X
L
(B)
11B1
11S
13C
13A
10
11B
13
13B
14
11C
K
KD
X
L

【図１０】


(A)
11B1
11S
13C
13A
10
11B
13
13B
14
11C
K
KD
X
L
(B)
11B1
11S
13C
13A
10
11B
13
13B
14
11C
K
KD
X
L

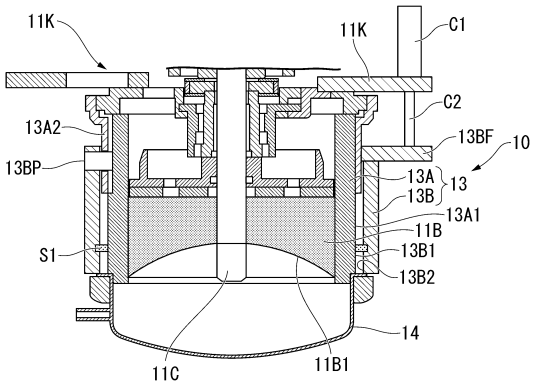
【図１１】


40
制御装置
42
制御部
42A
主制御部
42B
ロボットアーム制御部
42C
超音波ヘッド制御部
42D
送液制御部
46
記憶部
47
通信部
48
表示部
49
入力部
2
ロボットアーム
駆動部
3A
検出部
3B
10
超音波ヘッドユニット
第1照射部
11B
第2照射部
11C
11A
第1駆動部
C
第2駆動部
D
第3駆動部
E
第4駆動部
F
25
流体回路部
ポンプ部
26
バルブ部
27
S
1

【図１２】


START
S100
ロボットアームを制御して超音波ヘッド装置を
待機位置から移動して第１照射部の照射面の焦点の
位置と治療対象物の患部の位置とを一致させる
S102
第１照射部の照射面と治療対象物の体表面との
距離に応じて、超音波ヘッド装置に設けられた
移動機構を制御して照射面の中心軸方向に沿って
媒介液を収容する水袋を照射面に対して移動させる
S104
給排水機構を制御して、媒介液を水袋に
流通させて水袋内に媒介液を充填する
S106
超音波ヘッド装置を制御して第１照射部の
照射面から超音波を患部の位置に照射する
S108
給排水機構を制御して水袋の内部空間から媒介液を
排出し、第１駆動部を制御して水袋を移動させて
初期状態へと戻し、ロボットアームを制御して
超音波ヘッド装置を待機位置へと移動させる
RETURN

【図１３】


11K
11K
C1
C2
13A2
13BF
10
13BP
13A
13
13B
13A1
11B
S1
13B1
13B2
14
11C
11B1

フロントページの続き

熊本県熊本市北区植木町一木１１１番地 平田機工株式会社内
(72)発明者 丸野 裕太郎
熊本県熊本市北区植木町一木１１１番地 平田機工株式会社内
(72)発明者 平川 武則
熊本県熊本市北区植木町一木１１１番地 平田機工株式会社内
(72)発明者 松成 信一
熊本県熊本市北区植木町一木１１１番地 平田機工株式会社内
(72)発明者 岡本 淳
東京都新宿区西新宿一丁目２３番１号 ソニア・セラピューティクス株式会社内
審査官 神ノ田 奈央
(56)参考文献 特開２０００－０２３９９０（ＪＰ，Ａ）
特開２０２０－０３９３９７（ＪＰ，Ａ）
特開２０２０－０３６７０９（ＪＰ，Ａ）
(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ １７／００
Ａ６１Ｂ ３４／３０
Ａ６１Ｂ １７／２２５