(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 10 月 5 日(05.10.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/168707 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 17/32 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060779

(22) 国際出願日: 2016 年 3 月 31 日(31.03.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: オリンパス株式会社(**OLYMPUS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 谷上　恭央(**TANIGAMI, Yasuo**); 〒1510072 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 蔵田　昌俊，外(**KURATA, Masatoshi** et al.); 〒1050014 東京都港区芝３丁目２３番１号 セレスティン芝三井ビルディング１１階　鈴榮特許綜合事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

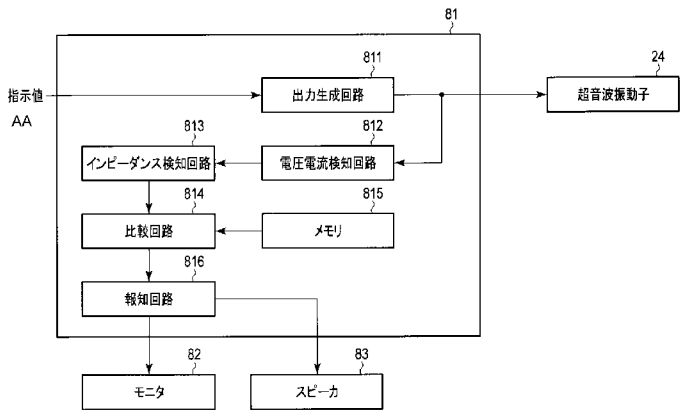
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2017/168707 A1

(54) **Title**: ULTRASOUND SURGICAL INSTRUMENT AND TREATMENT METHOD USING ULTRASOUND SURGICAL DEVICE

(54) 発明の名称 : 超音波手術器具及び超音波手術装置の処理方法



24 Ultrasonic vibrator
82 Monitor
83 Speaker
811 Output generation circuit
812 Voltage current detection circuit
813 Impedance detection circuit
814 Comparison circuit
815 Memory
816 Notification circuit
AA Indicated value

(57) **Abstract**: This ultrasound device is equipped with an ultrasonic vibrator (24), a probe, a detection circuit (813), a comparison circuit (814), and a notification circuit (816). The ultrasonic vibrator (24) ultrasonically vibrates. The probe treats biological tissue using ultrasonic vibrations. The detection circuit 813 detects the pressing force from the probe. The comparison circuit (814) compares the detected pressing force with a pressing force range that corresponds to the biological tissue. The notification circuit (816) performs a notification according to the comparison results.

(57) 要約: 超音波デバイスは、超音波振動子（２４）と、プローブと、検知回路（８１３）と、比較回路（８１４）と、報知回路（８１６）とを備える。超音波振動子（２４）は、超音波振動する。プローブは、超音波振動により生体組織を処置する。検知回路８１３は、プローブによる押し付け力を検出する。比較回路（８１４）は、検出された押し付け力を生体組織に応じた押し付け力の範囲と比較する。報知回路（８１６）は、比較結果に応じて報知を行う。

明　細　書

発明の名称 ： 超音波手術器具及び超音波手術装置の処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、超音波手術器具及び超音波手術装置の処理方法に関する。

背景技術

[0002] 生体組織を処置する処置具の１つとして超音波手術器具が知られている。超音波手術器具は、超音波振動しているプローブを被検体である生体組織に押し付けることによって生体組織の処置を行うように構成されている。効率のよい処置が行われるためには適切な押し付け力で押し付けが行われることが重要である。このため、例えば日本国特開２００３－２３５８６２号公報において提案されている超音波手術器具は、プローブが生体組織に接触した際の押し付け力に応じて機械的な変化を生じるばねと、ばねの変化を検出する検出手段とによって押し付け力を検知し、検知した押し付け力が所望の範囲内にあるときに超音波振動を発生させるようにしている。

発明の概要

[0003] プローブの押し付け力には、生体組織の種類に応じた適切な範囲がある。しかしながら、日本国特開２００３－２３５８６２号公報においては、生体組織の種類に応じて処理をすることについては特に言及がない。

[0004] 本発明は、生体組織の種類に応じた適切な範囲の押し付け力で処置が行われる超音波手術器具及び超音波手術装置の処理方法を提供することを目的とする。

[0005] 本発明の第１の態様の超音波手術器具は、超音波振動する超音波振動子と、前記超音波振動により生体組織を処置するプローブと、前記プローブの前記生体組織に対する押し付け力を検出する検知部と、前記生体組織に応じた押し付け力に関連する所定の値を記憶するメモリと、前記検知部で検出された前記押し付け力を前記メモリに記憶された前記所定の値と比較する比較部と、前記比較部による比較結果に応じて報知を行う報知部とを具備する。

[0006] 本発明の第２の態様の超音波手術器具は、超音波振動する超音波振動子と、前記超音波振動により生体組織を処置するプローブと、前記プローブの前記生体組織に対する押し付け力を検出する検知部と、前記生体組織に応じた押し付け力に関連する所定の値を記憶するメモリと、前記検知部で検出された押し付け力が前記生体組織に応じた押し付け力の所定の値となるように前記超音波振動子で生成される前記超音波振動の振幅を制御する出力生成部とを具備する。

[0007] 本発明の第３の態様の超音波手術装置の処理方法は、検知部が、超音波振動子によって発生された超音波振動子を生体組織に対して伝達するプローブが前記生体組織に押し付けられる押し付け力を検知するステップと、比較部が、メモリを参照し、前記検知するステップで検出された前記押し付け力を前記メモリに記憶された前記生体組織に応じた押し付け力に関連する所定の値と比較するステップと、報知部が、前記比較するステップの比較結果に応じて報知を行うステップとを有する。

[0008] 本発明によれば、生体組織の種類に応じた適切な範囲の押し付け力で処置が行われる超音波手術器具及び超音波手術装置の処理方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、各実施形態に係る超音波手術器具の一例としての超音波手術システムの構成を示す図である。

[図2]図２は、第１の実施形態における超音波手術システムの主要な構成を示すブロック図である。

[図3]図３は、第１の実施形態における制御回路の構成を示すブロック図である。

[図4]図４は、超音波手術システムの動作を示すフローチャートである。

[図5]図５は、皮質骨に対して押し付け力又は振幅を変えた際の切削量の変化を測定する実験結果を示したグラフである。

[図6A]図６Ａは、軟骨に対して押し付け力又は振幅を変えた際の切削量の変

化を測定する実験結果を示したグラフである。

[図6B]図６Ｂは、図６Ａの結果に基づいて、横軸に（押し付け力）×（振幅）をとり、縦軸に切削量をとったグラフである。

[図7]図７は、第２の実施形態における制御回路の構成を示すブロック図である。

[図8]図８は、超音波手術システムを用いた処置の流れを示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

［第１の実施形態］

本発明の第１の実施形態について説明する。図１は、本発明の各実施形態に係る超音波手術器具の一例としての超音波手術システム１の構成を示す図である。超音波手術システム１は、超音波によって生体組織に対する処置を行うための処置具１０と、処置具１０に駆動電力を供給する電源装置８０と、フットスイッチ９０とを有している。超音波手術システム１は、皮質骨等の硬い骨の切削に適したモードである皮質骨・海綿骨切削モードと軟骨の切削に適したモードである軟骨切削モードとを有する。しかしながら、超音波手術システム１は、骨の切削以外の処置にも用いられ得る。

[0011] 処置具１０は、ハンドピース２０と、ハンドピース２０から突出しているプローブ１８０と、プローブ１８０の周囲に形成された細長形状のシース３０とを有している。以降の説明では、処置具１０におけるプローブ１８０側を処置具１０の先端側と称し、ハンドピース２０側を基端側と称することにする。

[0012] ハンドピース２０は、その内部に超音波振動子を有している。超音波振動子は、電源装置８０からの駆動電力に従って超音波振動する。ハンドピース２０は、この超音波振動子で発生した超音波振動をプローブ１８０に伝達する。プローブ１８０は、超音波振動子に接続されており、超音波振動子の振動に伴って振動する。

[0013] シース３０の先端は、半円筒状に形成されており、この半円筒状に形成された部分からプローブ１８０の先端に設けられた処置部１８１が露出されるようになっている。また、シース３０の先端には、例えばコールドナイフ１８２が形成されている。コールドナイフ１８２は、耐腐食性の金属材料によって形成されており、生体組織の切削を容易にするために用いられる。なお、コールドナイフ１８２は設けられていなくてもよい。

[0014] また、ハンドピース２０は、入力部２２を有している。入力部２２は、超音波振動子を駆動させるための指示を入力するための部位である。入力部２２は、皮質骨・海綿骨切削モードと軟骨切削モードとを切り替えるための複数のスイッチを含んでいてよい。入力部２２は、電源装置８０に接続されている。また、ハンドピース２０内の超音波振動子は、電源装置８０に接続されている。電源装置８０は、入力部２２への入力を検出し、それに応じた駆動電力を超音波振動子に供給する。

[0015] フットスイッチ９０は、ハンドピース２０に設けられた入力部２２と同様の機能を有する。すなわち、フットスイッチ９０には、入力部２２と同様に皮質骨・海綿骨切削モードと軟骨切削モードとを切り替えるための複数のスイッチを含んでいてよい。電源装置８０は、フットスイッチ９０への入力を検出したら、それに応じた駆動電力を超音波振動子に供給する。なお、入力部２２とフットスイッチ９０は、少なくともいずれか一方が設けられていればよい。

[0016] 処置を行う際には、ユーザは、ハンドピース２０を保持し、超音波振動するプローブ１８０に設けられた処置部１８１を処置対象である生体組織に接触させる。このとき、ユーザは、入力部２２又はフットスイッチ９０を操作して超音波振動子を振動させる。超音波振動子で発生した振動は、プローブ１８０に伝達される。振動するプローブ１８０の処置部１８１と生体組織が接触することにより、生体組織の切削等の処置がなされる。

[0017] 図２は、本発明の第１の実施形態における超音波手術システム１の主要な構成を示すブロック図である。図２において、図１で説明したのと同様の構

成については、図１と同様の参照符号を付すことで説明を省略する。

[0018] 図２に示すように、電源装置８０は、制御回路８１と、モニタ８２と、スピーカ８３とを有している。

[0019] 制御回路８１は、例えば超音波振動子２４の駆動電力を生成する出力生成回路と、操作者によるプローブ１８０の押し付けが適切であるか否かを操作者に対して報知する回路とを有するＩＣとして構成されている。制御回路８１は、入力部２２又はフットスイッチ９０からの入力に応じて超音波振動子２４の駆動電力を制御する。また、制御回路８１は、操作者によるプローブ１８０の被検体である生体組織への押し付け力を検出し、検出した押し付け力に応じて操作者に対して現在のプローブ１８０の押し付けが適切であるか否かを例えばモニタ８２を利用したり、スピーカ８３を利用したり、又はその両者を利用したりして報知する。

[0020] モニタ８２は、例えば液晶ディスプレイであり、制御回路８１による制御に基づいて各種の画像を表示する。スピーカ８３は、制御回路８１による制御に基づいて各種の音声を発する。

[0021] 図３は、第１の実施形態における制御回路８１の構成を示すブロック図である。制御回路８１は、出力生成回路８１１と、電圧電流検知回路８１２と、インピーダンス検知回路８１３と、比較回路８１４と、メモリ８１５と、報知回路８１６とを有している。

[0022] 出力生成回路８１１は、レギュレータ等の電源生成回路を有する。入力部２２又はフットスイッチ９０の操作があったとき、出力生成回路８１１は、入力部２２又はフットスイッチ９０からの指示値に応じた振幅で超音波振動子２４が振動するように超音波振動子２４の駆動電力を生成する。

[0023] 軟骨切削モードにおける振幅と皮質骨・海綿骨切削モードにおける振幅とでは、軟骨切削モードにおける振幅のほうが高く設定される。これは、軟骨切削モードでは、主として、超音波振動による摩擦熱によって切削が行われるためである。ここで、質量ｍ［ｋｇ］の物体が動摩擦係数μ´の粗い水平面をｓ［ｍ］滑ったときの熱量Ｑ［Ｊ］は、重力加速度をｇ（ｍ／ｓ^2）とす

ると、以下の（式１）で与えられる。

Ｑ＝μ´ｍｇｓ （式１）

（式１）において、押し付け力を粗い面に対する力の垂直成分とすると、プローブ１８０の押し付け力（Ｎ）の大きさは、上式のｍｇに対応していると考えることができる。また、sは超音波プローブの縦振動の振幅に相当する。したがって、押し付け力が一定であれば、プローブ１８０の振幅を大きくするほど軟骨の切削量は大きくなる。このため、軟骨切削モードにおいては、切削の効率を向上させるために、可能な限りで超音波振動の振幅は大きく設定される。一方、皮質骨・海綿骨切削モードでは、超音波振動による摩擦熱よりも、超音波振動による衝撃によって切削が行われる。皮質骨・海綿骨切削モードでは、超音波振動による摩擦熱は切削に余り寄与しない。このため、皮質骨・海綿骨切削モードにおける超音波振動の振幅は軟骨切削モードにおける振幅よりも小さく設定されてよい。ここでは、押し付け力を粗い面に対する力の垂直成分としているが、押し付け力を、例えば垂直に対して角度を持っている状態の力として考えることももちろん可能である。

[0024] 電圧電流検知回路８１２は、出力生成回路８１１の出力電圧及び出力電流をそれぞれ検知する。

[0025] インピーダンス検知回路８１３は、電圧電流検知回路８１２で検知された出力電圧と出力電流との比から超音波振動子２４のインピーダンスを算出する。超音波振動子２４のインピーダンスは、生体組織へのプローブ１８０の押し付け力によって変化し得る。したがって、インピーダンス検知回路８１３は、超音波振動子２４のインピーダンスを検出することによってプローブ１８０の押し付け力を間接的に検出する検知回路として機能する。超音波振動子２４のインピーダンスは、超音波振動子２４が押し当てられている生体組織の種類や温度によっても変化し得る。したがって、インピーダンスから押し付け力を算出する際には、生体組織の種類及び温度に応じてインピーダンスの値を補正することが望ましい。また、押し付け力の変化がインピーダンスに与える影響は、生体組織の種類や温度変化の影響に比べて小さい。こ

のため、インピーダンスから押し付け力を算出する際に、生体組織の種類及び温度の影響を無視するようにしてもよい。

[0026] 比較回路８１４は、インピーダンス検知回路８１３で検知されたインピーダンスの値を押し付け力の値に変換する。そして、比較回路８１４は、変換した押し付け力の値とメモリ８１５に記憶されている押し付け力の範囲とを比較する。そして、比較回路８１４は、押し付け力の比較結果に応じた報知をするように報知回路８１６に指示する。

[0027] メモリ８１５は、押し付け力の範囲を記憶している。なお、押し付け力が小さくなると切削量が少なくなって手術に時間を要してしまい、押し付け力が大きくなると切削量は多くなる大きくなるが周辺組織への熱侵襲も大きくなる。したがって、押し付け力の範囲は、切削量と熱侵襲とのバランスで決められる。また、押し付け力の範囲としては、皮質骨・海綿骨切削モードと軟骨切削モードとで異なるものが用いられる。詳細については後で説明する。また、メモリ８１５は、インピーダンス検知回路８１３で検知されたインピーダンスの値を押し付け力の値に変換するためのテーブルを記憶している。このテーブルは、例えば、プローブ１８０の振幅を一定値とした状態で、プローブ１８０の押し付け力を種々に変化させたときのインピーダンスの変化を実測していくことで得られる。

[0028] 報知回路８１６は、比較回路８１４からの指示に従ってモニタ８２及びスピーカ８３を利用して操作者に対する報知を行う。この報知は、操作者によるプローブ１８０の押し付けが適切であるか、強いか、弱いかである。なお、押し付けが強いときにユーザに対して押し付けを弱めるように指示し、押し付けが弱いときにユーザに対して押し付けを強めるように指示するような報知が行われてもよい。さらに、報知は、押し付け力を表すゲージ等を表示することによって行われてもよい。

[0029] 以下、本実施形態に係る超音波手術システム１の動作を説明する。図４は、超音波手術システム１の動作を示すフローチャートである。図４の処理は、例えば超音波手術システム１の電源がオンされ、入力部２２又はフットス

イッチ９０が操作された時に開始される。

[0030] ステップＳ１において、出力生成回路８１１は、超音波振動子２４を駆動するための駆動電力を生成する。入力部２２又はフットスイッチ９０によって軟骨切削モードであることが指示されたときには、出力生成回路８１１は、軟骨切削モードのために予め設定された指示値に対応した振幅で超音波振動が発生するように駆動電力を生成する。一方、入力部２２又はフットスイッチ９０によって皮質骨・海綿骨切削モードであることが指示されたときには、出力生成回路８１１は、皮質骨・海綿骨切削モードのために予め設定された指示値に対応した振幅で超音波振動が発生するように駆動電力を生成する。なお、出力生成回路８１１は、駆動電力をフィードバック制御するように構成されていてもよい。この場合、例えば電圧電流検知回路８１２で検知された出力生成回路８１１の出力電流は出力生成回路８１１に戻される。そして、出力生成回路８１１は、戻された出力電流が指示値と一致するように出力電圧を制御する。

[0031] ステップＳ２において、インピーダンス検知回路８１３は、電圧電流検知回路８１２によって検知された出力電圧及び出力電流の比から超音波振動子２４のインピーダンスを算出する。

[0032] ステップＳ３において、比較回路８１４は、メモリ８１５に予め記憶されているテーブルに従って、インピーダンス検知回路８１３で算出されたインピーダンスの値を押し付け力の値に変換する。

[0033] ステップＳ４において、比較回路８１４は、インピーダンスの値から得られた現在の押し付け力の値とメモリ８１５に予め記憶されている押し付け力の範囲とを比較する。そして、比較回路８１４は、比較結果に基づいて、操作者によるプローブ１８０の押し付け力は適切であるか否かを判定する。例えば、現在の押し付け力の値がメモリ８１５に予め記憶されている押し付け力の範囲内であれば、押し付け力は適切であると判定される。

[0034] 以下、押し付け力の範囲について説明する。図５は、皮質骨に対して押し付け力又は振幅を変えた際の切削量の変化を測定する実験結果を示したグラ

フである。実験では、測定対象の皮質骨の６点（Ｎ＝６）に対して押し付け力及び振幅を変更可能な振動治具を押し付けた際の切削量（切削された皮質骨の体積）を測定している。また、図５のグラフにおいて、切削量は、６点の切削量の平均値が示されている。また、振幅の値は、実験に使用された治具の振動可能な最大の振幅（８１μｍ）に対する百分率で示されている。

[0035] 図５に示すように、皮質骨の場合には、全体的な傾向としては、押し付け力が同じ場合には振幅が大きいほど切削量は大きくなり、また、振幅が同じ場合には押し付け力が大きいほど切削量は大きくなる。ただし、押し付け力が０．５（Ｎ）以下であるときには、振幅を大きくしても切削量は大きくならない。また、押し付け力が８（Ｎ）を超えるときも、切削量は大きくはならない。前述したように皮質骨は、主に超音波振動による衝撃によって切削される。このため、押し付け力が小さすぎたり、大きすぎたりして超音波振動による衝撃の伝達効率が悪くなると、切削量は小さくなってしまう。図５のグラフから、皮質骨・海綿骨切削モードのときの押し付け力の範囲は、振幅が４０％（２３μｍ）のときには３（Ｎ）－５（Ｎ）であり、振幅が７０％（５７μｍ）のときには２（Ｎ）－６（Ｎ）であり、振幅が１００％（８１μｍ）のときには１（Ｎ）－７（Ｎ）であると考えられる。これらの値がメモリ８１５に記憶される。

[0036] 図６Ａは、軟骨に対して押し付け力又は振幅を変えた際の切削量の変化を測定する実験結果を示したグラフである。図６Ａも、測定対象の軟骨の６点（Ｎ＝６）における切削量（切削された皮質骨の体積）の平均値が示されている。また、振幅の値は、実験に使用された治具の振動可能な最大の振幅（８１μｍ）に対する百分率で示されている。

[0037] 図６Ａに示すように、軟骨の場合には、全体的な傾向としては、押し付け力が同じ場合には振幅が大きいほど切削量は大きくなり、また、振幅が同じ場合には押し付け力が大きいほど切削量は大きくなる。軟骨の場合には、皮質骨の場合とは異なり、１００［Ｎ・μｍ］以下では軟骨が溶解せず、切削が進まない。これは、軟骨は主に超音波振動による摩擦熱によって切削され

るためである。図６Ｂは、図６Ａの結果に基づいて、横軸に（押し付け力）×（振幅）をとり、縦軸に切削量をとったグラフである。（押し付け力）×（振幅）の値（すなわち熱量に相当する）が大きくなりすぎると、切削量は大きくなるものの、熱侵襲も大きくなる。したがって、例えば、軟骨切削モードのときの押し付け力の範囲は、（押し付け力）×（振幅）の値を１００［Ｎ・μｍ］－３００［Ｎ・μｍ］とする値である。この値がメモリ８１５に記憶される。

[0038] このように、比較回路８１４は、図５又は図６Ｂに示される関係によって定まる押し付け力の範囲を現在の押し付け力と比較する。ステップＳ４において、押し付け力が適切であると判定されたときには、処理はステップＳ５に移行する。ステップＳ４において、押し付け力が適切でないと判定されたときには、処理はステップＳ６に移行する。

[0039] ステップＳ５において、比較回路８１４は、押し付け力が適切である旨を報知回路８１６に通知する。この通知を受けて、報知回路８１６は、操作者による現在の押し付けが適切である旨をモニタ８２及びスピーカ８３を利用して操作者に報知する。その後、処理は、ステップＳ９に移行する。報知は、例えば「適度な押し付けです」といった文字をモニタ８２に表示させたり、音声をスピーカ８３から発するようにしたり、その両者を利用したりすることで行われる。

[0040] ステップＳ６において、比較回路８１４は、操作者によるプローブ１８０の押し付け力は大きいか否かを判定する。例えば、現在の押し付け力の値がメモリ８１５に予め記憶されている押し付け力の範囲よりも大きいときには、押し付け力は大きいと判定される。一方、現在の押し付け力の値がメモリ８１５に予め記憶されている押し付け力の範囲よりも小さいときには、押し付け力は小さいと判定される。ステップＳ６において、押し付け力が大きいと判定されたときには、処理はステップＳ７に移行する。ステップＳ６において、押し付けが小さいと判定されたときには、処理はステップＳ８に移行する。

[0041] ステップＳ７において、比較回路８１４は、押し付け力が大きい旨を報知回路８１６に通知する。この通知を受けて、報知回路８１６は、操作者による押し付けを弱めることを促す旨をモニタ８２及びスピーカ８３を利用して操作者に報知する。その後、処理は、ステップＳ９に移行する。報知は、例えば「もっと弱く押し付けてください」といった文字をモニタ８２に表示させたり、音声をスピーカ８３から発するようにしたり、その両者を利用したりすることで行われる。

[0042] ステップＳ８において、比較回路８１４は、押し付け力が小さい旨を報知回路８１６に通知する。この通知を受けて、報知回路８１６は、操作者による押し付けを強めることを促す旨をモニタ８２及びスピーカ８３を利用して操作者に報知する。その後、処理は、ステップＳ９に移行する。報知は、例えば「もっと強く押し付けてください」といった文字をモニタ８２に表示させたり、音声をスピーカ８３から発するようにしたり、その両者を利用したりすることで行われる。

[0043] ステップＳ９において、出力生成回路８１１は、処理を終了するか否かを判定する。例えば、超音波手術システム１の電源がオフされた場合又は入力部２２或いはフットスイッチ９０の操作が解除された場合に処理を終了すると判定される。ステップＳ９において、処理を終了すると判定された場合には、図４の処理は終了する。ステップＳ９において、処理を終了しないと判定された場合には、処理はステップＳ１に戻る。

[0044] 以上説明したように本実施形態によれば、操作者によるプローブ１８０の生体組織への押し付け力が所定の押し付け力の範囲と比較され、その比較結果に応じて操作者による押し付けが適切であるか否かが報知される。これにより、操作者は、適切な押し付け力で処置を行うことが可能である。

[0045] また、本実施形態では皮質骨・海綿骨切削モードと軟骨切削モードとで押し付け力の範囲を異ならせている。これにより、操作者は、皮質骨・海綿骨切削モードと軟骨切削モードとの違いを意識せずに超音波手術システム１からの報知だけを頼りに押し付けを行うことが可能である。

[0046] なお、図４の各ステップの処理は「回路」を用いて行われるが、ソフトウェアによって行われてもよい。

[0047] ［第２の実施形態］

以下、本発明の第２の実施形態について説明する。第１の実施形態は、現在の押し付け力と範囲とを比較して、その比較結果に応じて操作者に対して報知を行うものである。これに対し、第２の実施形態は、現在の押し付け力と押し付け量の範囲とを比較して、その比較結果に応じて超音波振動子２４の振幅をフィードバック制御するものである。

[0048] 図７は、第２の実施形態における制御回路８１の構成を示すブロック図である。制御回路８１は、出力生成回路８１１と、電圧電流検知回路８１２と、インピーダンス検知回路８１３と、比較回路８１４と、メモリ８１５とを有している。第２の実施形態における制御回路８１は、比較回路８１４の出力が出力生成回路８１１に戻されるように構成されている。

[0049] 第２の実施形態における出力生成回路８１１は、第１の実施形態における出力生成回路８１１と同様に皮質骨・海綿骨切削モードと軟骨切削モードとで異なる振幅の超音波振動が発生するように駆動電力を制御する。また、第２の実施形態における出力生成回路８１１は、軟骨切削モードの際には、現在の押し付け力の値とメモリ８１５に予め記憶されている押し付け力の範囲の上限値又は下限値との差に応じて振幅を増減させるように制御する。例えば、出力生成回路８１１は、現在の押し付け力の値を（押し付け力）×（振幅）の値を１００［Ｎ・μｍ］－３００［Ｎ・μｍ］の条件を満たす値とするように振幅を増減させるように制御する。さらに、出力生成回路８１１は、皮質骨・海綿骨切削モードの際には、現在の押し付け力の値に応じて振幅を増減させるように制御する。例えば、出力生成回路８１１は、押し付け力が３Ｎ以下の場合には、切削量の減少を抑えるために振幅を増加させるように制御する。また、出力生成回路８１１は、押し付け力が５Ｎ以上の場合には、熱の発生を抑えるための安全策として振幅を減少させるように制御する。

[0050] 以上説明したように本実施形態によれば、現在の押し付け力の値とメモリ８１５に予め記憶されている押し付け力の範囲の上限値又は下限値との差に応じて振幅のフィードバック制御が行われる。このため、操作者は、押し付けの強さを変えることなく、処置を行うことができる。

[0051] ［第３の実施形態］

以下、本発明の第３の実施形態について説明する。第３の実施形態は、以下、本実施形態の超音波手術システムを用いた処置方法である。図８は、超音波手術システム１を用いた処置の流れを示すフローチャートである。図８は、膝関節における変性軟骨の切削処置の流れを示している。図８の流れは、膝関節に限らず、肩関節等の他の関節に対する処置に対しでも適用可能である。

[0052] ステップＳ１０１において、医師は、トロッカーを用いて、処置対象の生体組織（ここでは膝関節内の変性軟骨）の位置まで処置具及び関節鏡を挿入できるようにするためのポートを形成する。

[0053] ステップＳ１０２において、医師は、関節鏡用のポートを通して関節鏡及び超音波手術システム１の処置具１０を膝関節内に挿入する。

[0054] ステップＳ１０３において、医師は、関節鏡を通してモニタ上に表示される膝関節内の画像を見ながら、超音波手術システム１の処置部１８１を処置対象である変性軟骨に接触させる。

[0055] ステップＳ１０４において、医師は、例えば入力部２２を操作して超音波手術システム１を軟骨溶解モードに設定し、変性軟骨に対して処置具を押し付けつつ、処置具の押し付け具合を確認しながら切削する。このとき、医師の押し付けが強い場合は、例えばモニタ８２に「押し付けが強すぎます」と押し付けが強い旨が表示されるので、医師は手を止めることなく、モニタ８２を見ながら押し付けを弱めて処置を続行する。その結果、押し付けが適量となった際には、例えばモニタ８２に「適度な押し付けです」と表示されるため、医師はモニタ８２を見て現状の押し付け具合を保ちながら処置を行う。一方で、医師の押し付けが弱い場合は例えばモニタ８２に「押し付けが弱

すぎます」と押し付けが弱い旨が表示されるので、医師は手を止めることなく、モニタ８２を見ながら押し付けを強めて処置を続行する。その結果、押し付けが適量となった際には、例えばモニタ８２に「適度な押し付けです」と表示されるため、医師はモニタ８２を見て現状の押し付け具合を保ちながら処置を行う。

[0056] 以上説明したように本実施形態によれば、医師は押し付けが弱すぎて切削量が少ない状態であるのか、あるいは強く押し付けすぎていて周辺組織への熱侵襲がある状態で処置が進んでいるのかを音声やモニタの表示によって直感的に把握することができるため、効率よく、且つ熱侵襲の少ない安全な手術を、手を止めることなく行うことができる。

[0057] また、第２の実施形態に記載のシステムを使った場合については、医師は押し付け力を気にせず手術を進めることができる。

[0058] 以上実施形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は前述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能なことは勿論である。例えば、前述の各実施形態では、押し付け力は、超音波振動子のインピーダンスに基づいて検知される。しかしながら、押し付け力は、超音波振動子のインピーダンス以外から検知されてもよい。例えば、押し付け力は、歪ゲージ等の力を直接的に検知するセンサによって検知されてもよい。この他、プローブの共振周波数の変化から押し付け力が検知されてもよい。温度から押し付け力が検知されてもよい。

[0059] また、超音波振動子のインピーダンスから生体組織の状態を識別する技術も知られている。この技術は、前述の各実施形態に適用されてもよい。この場合、識別された生体組織に応じた押し付け力の範囲が選択される。

請求の範囲

[請求項1] 超音波振動する超音波振動子と、

前記超音波振動により生体組織を処置するプローブと、

前記プローブの前記生体組織に対する押し付け力を検出する検知部と、

前記生体組織に応じた押し付け力に関連する所定の値を記憶するメモリと、

前記検知部で検出された前記押し付け力を前記メモリに記憶された前記所定の値と比較する比較部と、

前記比較部による比較結果に応じて報知を行う報知部と、

を具備する超音波手術器具。

[請求項2] 前記生体組織が軟骨であるときの前記所定の値は、押し付け力と前記超音波振動子の超音波振動の振幅との積を用いて決定される請求項１に記載の超音波手術器具。

[請求項3] 前記比較部は前記押し付け力と振幅との積である所定の値と、前記検知部が検知した押し付け力に前記超音波振動子の超音波振動の振幅を掛けた値とを比較する請求項２に記載の超音波手術器具。

[請求項4] 前記生体組織が軟骨であるときの前記所定の値は、振幅との積を１００（Ｎ・μｍ）以上３００（Ｎ・μｍ）以下とする値である請求項３に記載の超音波手術器具。

[請求項5] 前記生体組織が軟骨でないときの前記所定の値は、前記押し付け力が３（Ｎ）以上５（Ｎ）以下である請求項１に記載の超音波手術器具。

[請求項6] 前記報知部は、前記検知部で検出された押し付け力が前記所定の値よりも大きいときには前記プローブの前記生体組織に対する押し付けを弱めるように前記超音波手術器具の操作者に報知し、前記検知部で検出された押し付け力が前記所定の値よりも小さいときには前記プローブの前記生体組織に対する押し付けを強めるように前記超音波手術

器具の操作者に報知し、前記検知部で検出された押し付け力が前記所定の値と一致しているときには前記プローブの前記生体組織に対する押し付けが適切であること前記超音波手術器具の操作者に報知する請求項１に記載の超音波手術器具。

[請求項7] 前記報知部は、前記報知を音声と表示の少なくとも一方によって行う請求項１に記載の超音波手術器具。

[請求項8] 前記検知部は、前記押し付け力を前記超音波振動子のインピーダンスに基づいて検知する請求項１に記載の超音波手術器具。

[請求項9] 超音波振動する超音波振動子と、

前記超音波振動により生体組織を処置するプローブと、

前記プローブの前記生体組織に対する押し付け力を検出する検知部と、

前記生体組織に応じた押し付け力に関連する所定の値を記憶するメモリと、

前記検知部で検出された押し付け力が前記生体組織に応じた押し付け力の所定の値となるように前記超音波振動子で生成される前記超音波振動の振幅を制御する出力生成部と、

を具備する超音波手術器具。

[請求項10] 前記生体組織が軟骨であるときの前記所定の値は、押し付け力と振幅との積を用いて決定される請求項９に記載の超音波手術器具。

[請求項11] 前記生体組織が軟骨であるときの前記所定の値は、振幅との積を１００（Ｎ・μｍ）以上３００（Ｎ・μｍ）以下とする値である、請求項１０に記載の超音波手術器具。

[請求項12] 前記出力生成部は、前記プローブが押しつけられている被検体の部位が皮質骨又は海綿骨であるときであって、前記検知部で検知された押し付け力が３Ｎ以下の場合には前記超音波振動の振幅を増加させ、前記検知部で検知された押し付け力が５Ｎ以上の場合には前記超音波振動の振幅を減少させるように制御する請求項９に記載の超音波手術

器具。

[請求項13] 前記検知部は、前記押し付け力を前記超音波振動子のインピーダンスに基づいて検知する請求項９に記載の超音波手術器具。

[請求項14] 前記検知部は検知回路であり、前記比較部は比較回路であり、前記報知部は報知回路であることを特徴とする請求項１に記載の超音波手術器具。

[請求項15] 前記検知部は検知回路であり、前記出力生成部は出力生成回路であることを特徴とする請求項９に記載の超音波手術器具。

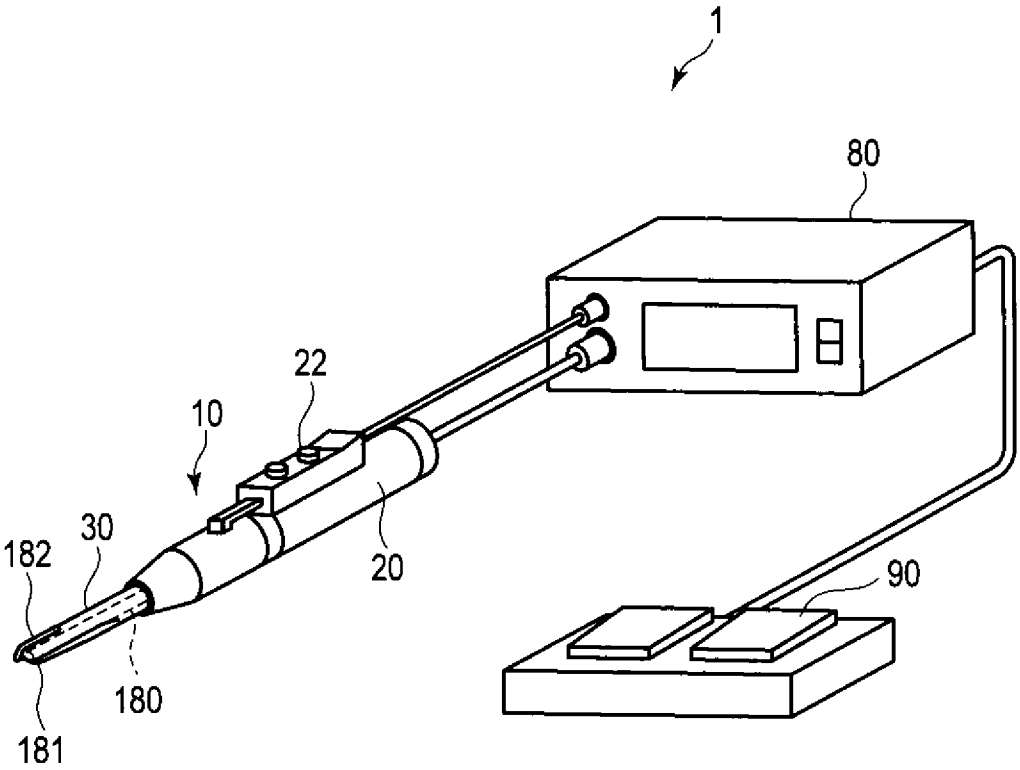
[請求項16] 検知部が、超音波振動子によって発生された超音波振動子を生体組織に対して伝達するプローブが前記生体組織に押し付けられる押し付け力を検知するステップと、

比較部が、メモリを参照し、前記検知するステップで検出された前記押し付け力を前記メモリに記憶された前記生体組織に応じた押し付け力に関連する所定の値と比較するステップと、

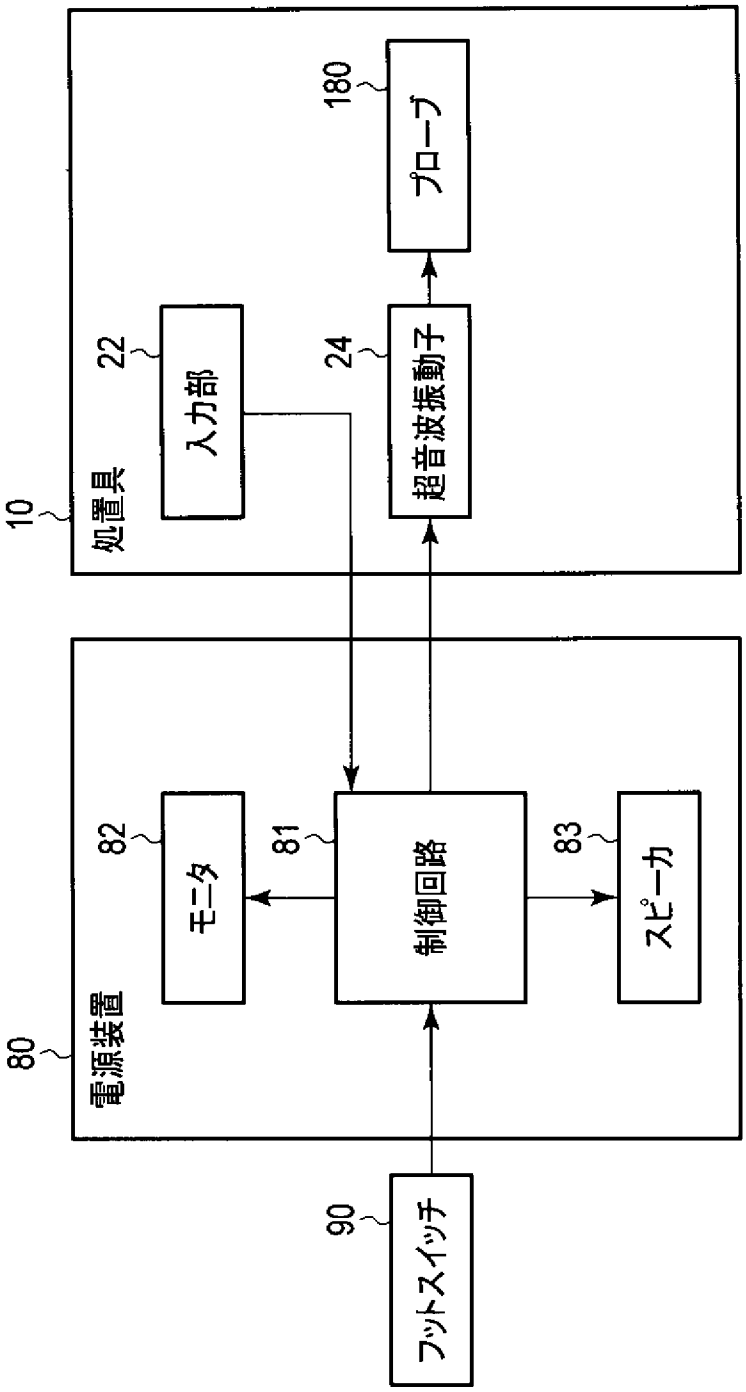
報知部が、前記比較するステップの比較結果に応じて報知を行うステップと、

を有する超音波手術装置の処理方法。

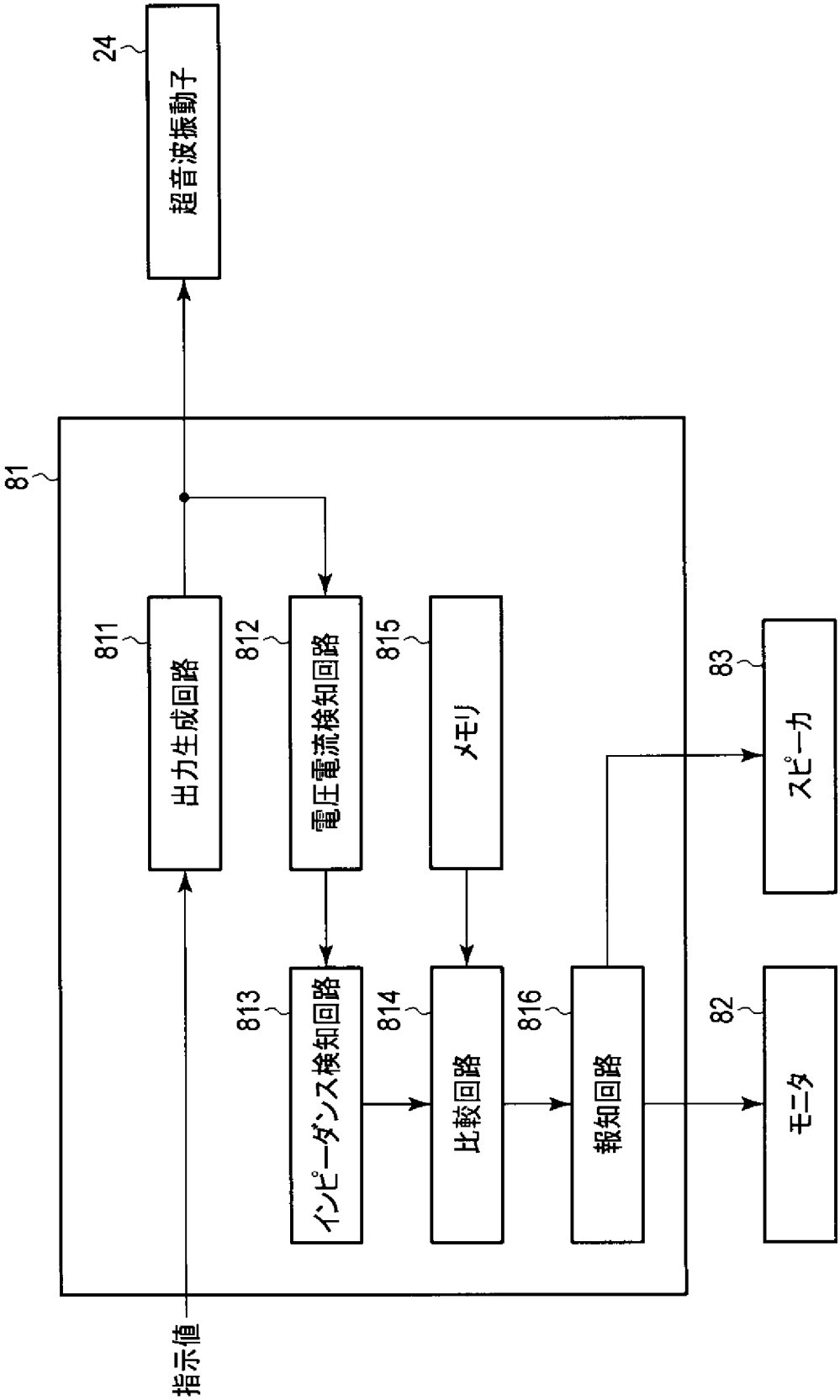
[図1]



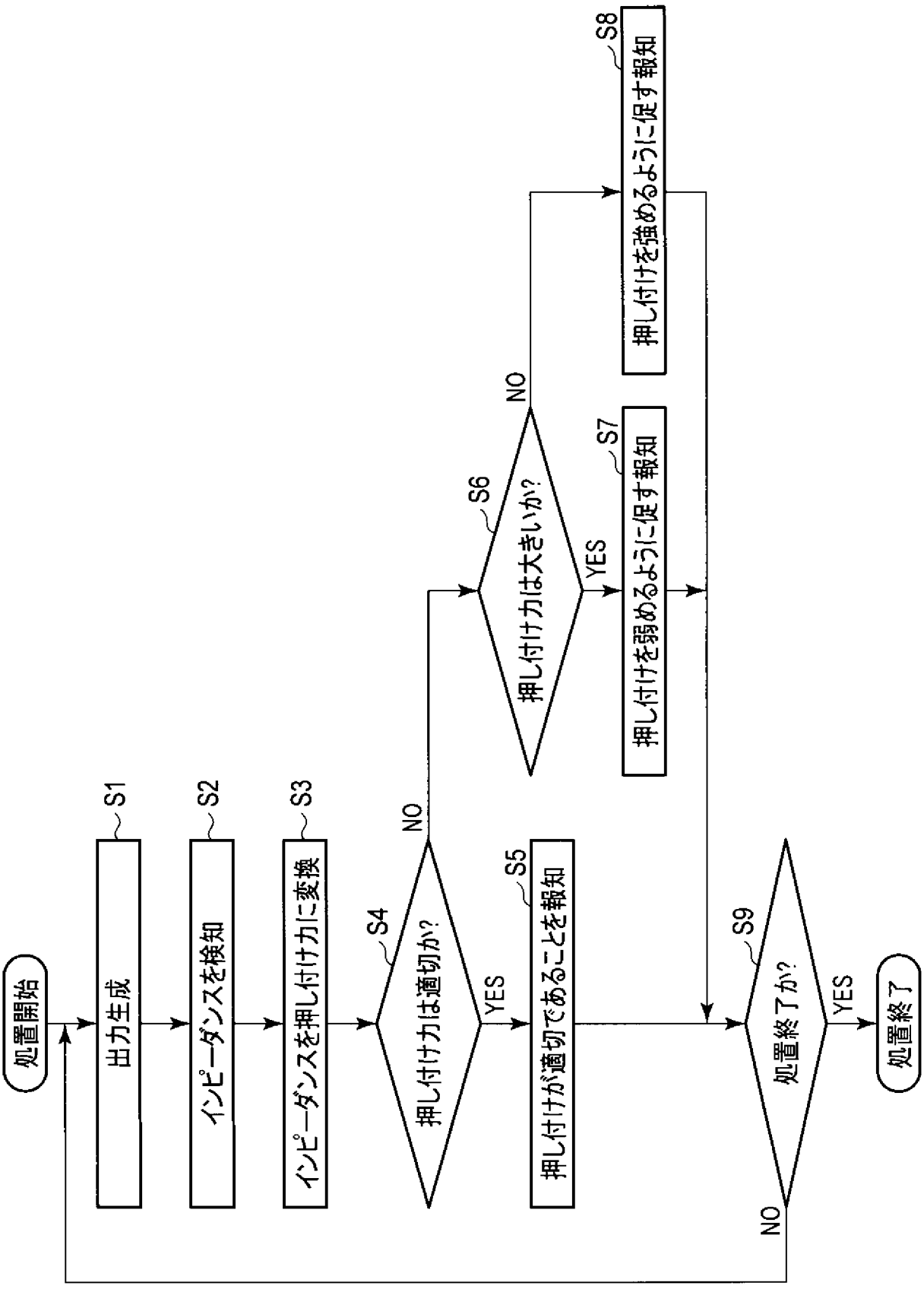
[図2]


180
プローブ
22
入力部
24
超音波振動子
10
処置具
82
モニタ
81
制御回路
83
スピーカ
80
電源装置
90
フットスイッチ

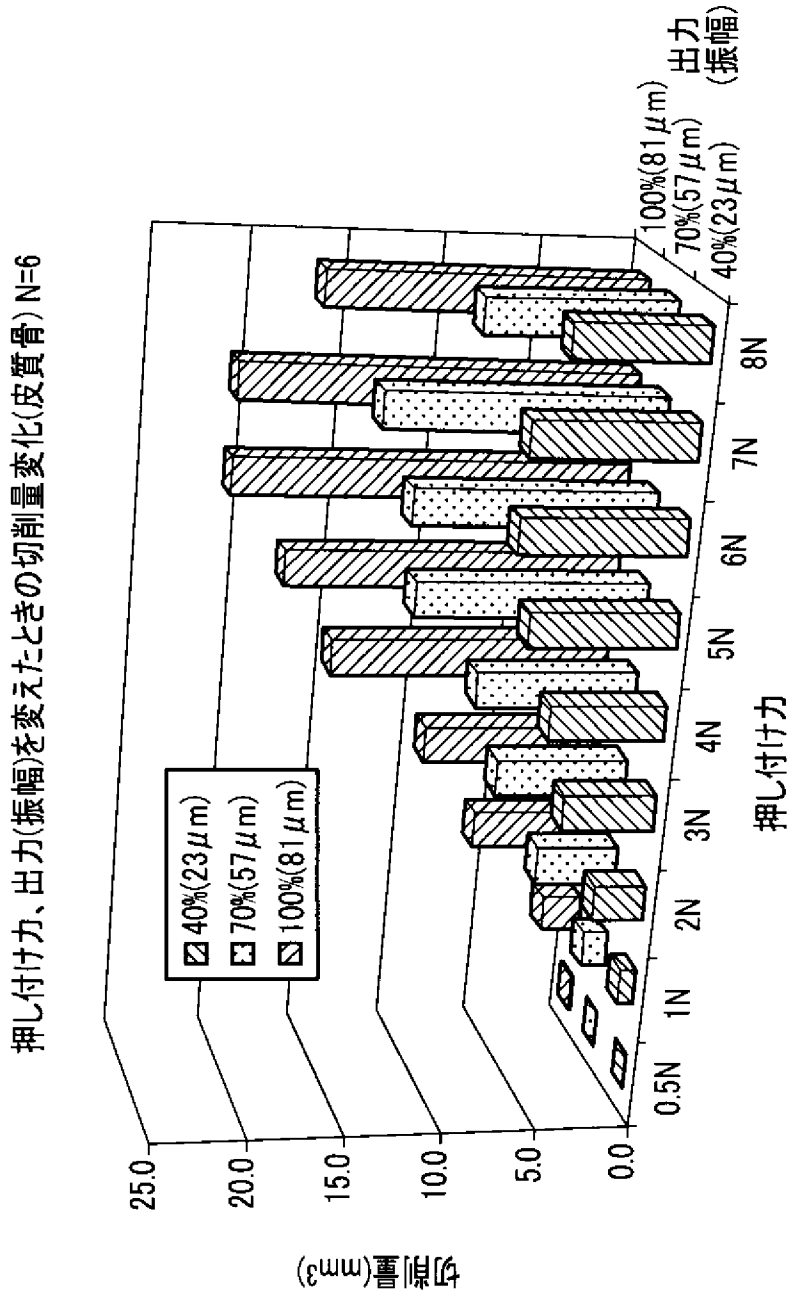
[図3]


24
超音波振動子
81
811
出力生成回路
812
電圧電流検知回路
815
メモリ
83
スピーカ
813
インピーダンス検知回路
814
比較回路
816
報知回路
82
モニタ
指示値

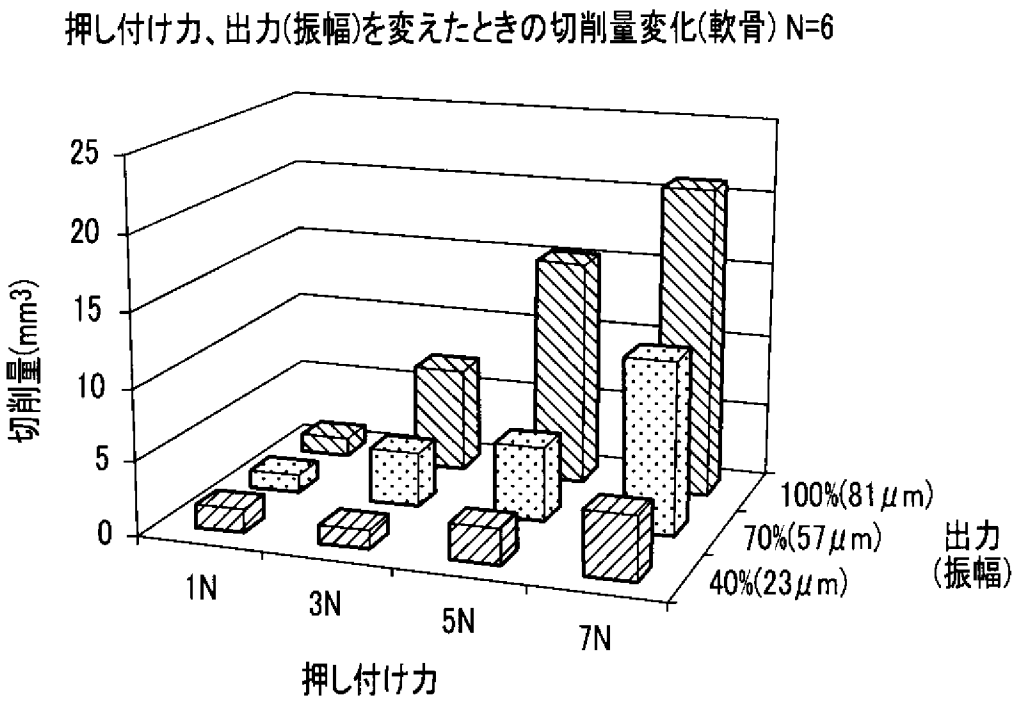
[図4]


処置開始
出力生成
S1
インピーダンスを検知
S2
インピーダンスを押し付け力に変換
S3
押し付け力は適切か?
S4
NO
YES
押し付け力は大きいか?
S6
NO
YES
押し付けを強めるように促す報知
S8
押し付けを弱めるように促す報知
S7
押し付けが適切であることを報知
S5
処置終了か?
S9
NO
YES
処置終了

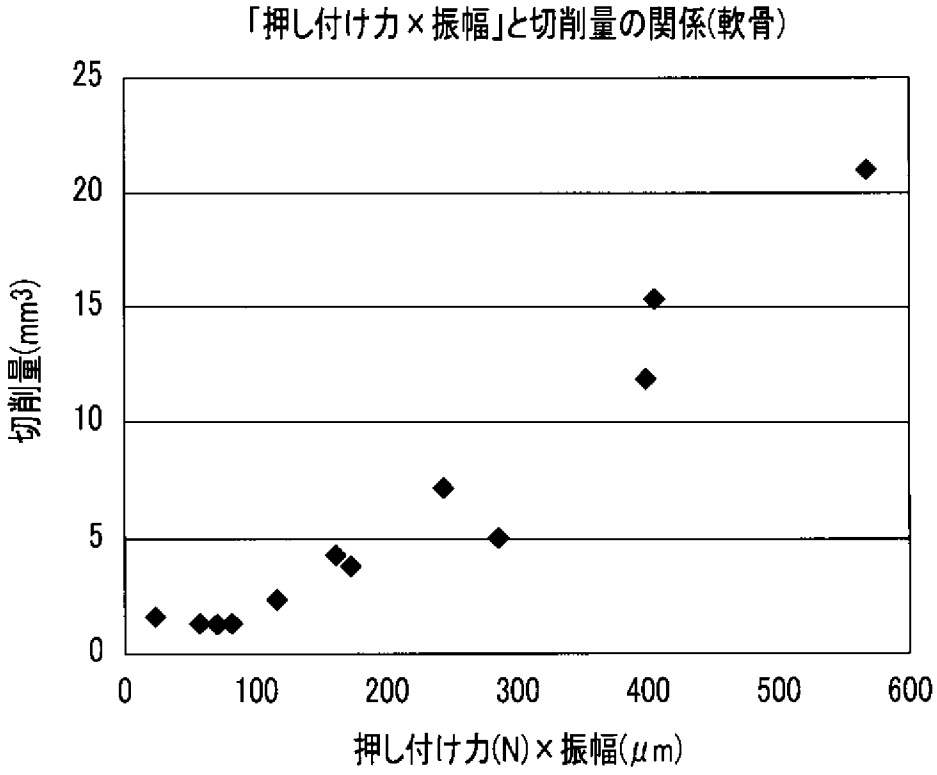
[図5]


押し付け力、出力(振幅)を変えたときの切削量変化(皮質骨) N=6
40%(23μm)
70%(57μm)
100%(81μm)
切削量(mm3)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
0.5N
1N
2N
3N
4N
5N
6N
7N
8N
押し付け力
出力(振幅)
100%(81μm)
70%(57μm)
40%(23μm)

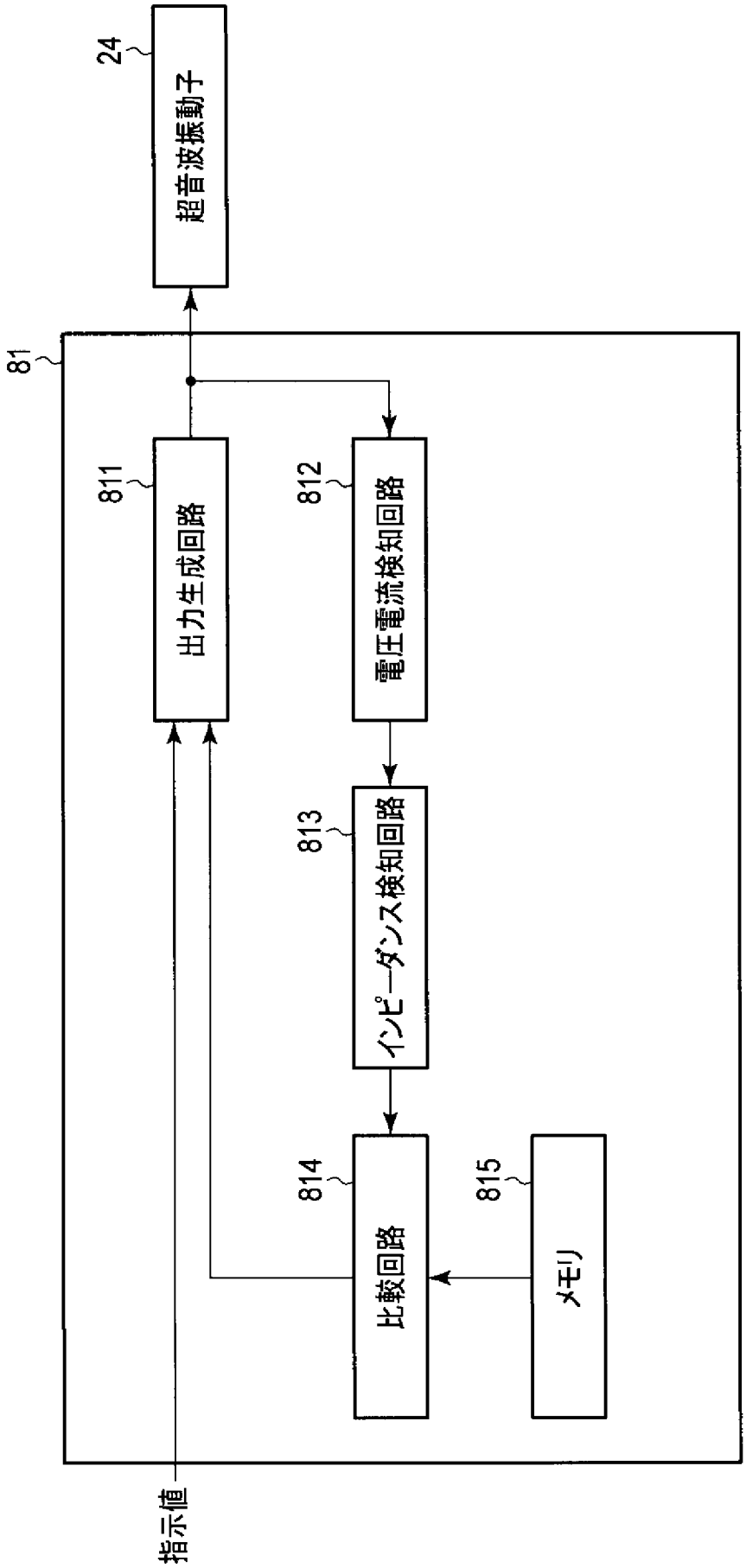
[図6A]


押し付け力、出力(振幅)を変えたときの切削量変化(軟骨) N=6
切削量(mm3)
25
20
15
10
5
0
1N
3N
5N
7N
押し付け力
100%(81μm)
70%(57μm)
40%(23μm)
出力
(振幅)

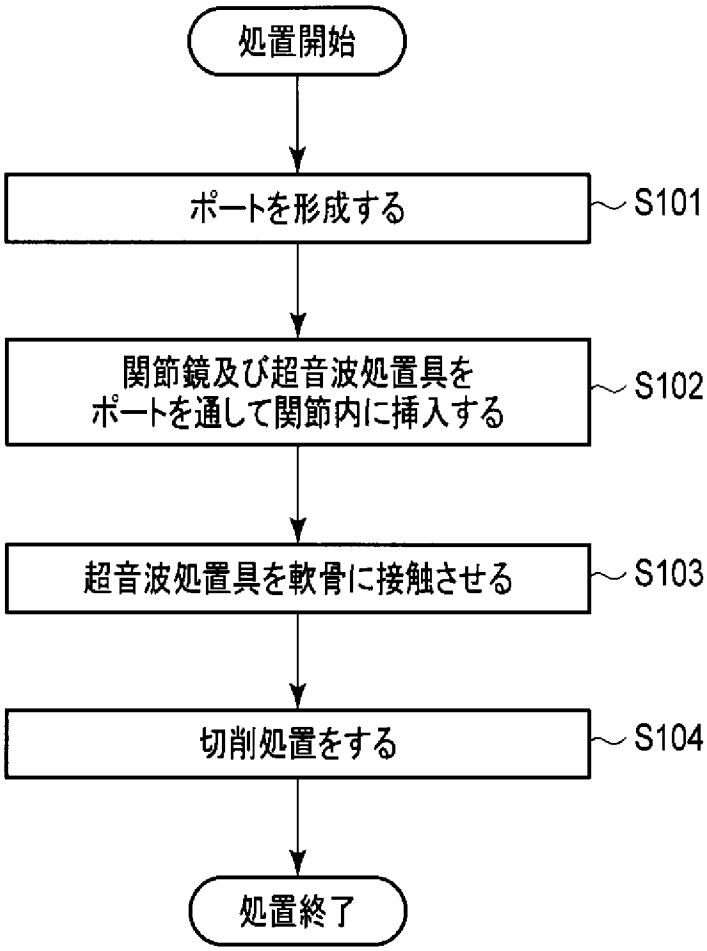
[図6B]


「押し付け力×振幅」と切削量の関係(軟骨)
切削量(mm3)
25
20
15
10
5
0
0
100
200
300
400
500
600
押し付け力(N)×振幅(μm)

[図7]


24
超音波振動子
81
811
出力生成回路
812
電圧電流検知回路
813
インピーダンス検知回路
814
比較回路
815
メモリ
指示値

[図8]


処置開始
ポートを形成する
S101
関節鏡及び超音波処置具を
ポートを通して関節内に挿入する
S102
超音波処置具を軟骨に接触させる
S103
切削処置をする
S104
処置終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/060779

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A61B17/32(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B17/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-70118 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 16 March 1999 (16.03.1999), paragraphs [0002] to [0005], [0024] to [0041]; fig. 7 to 10 & US 6053906 A column 1, lines 7 to 31; column 6, line 66 to column 9, line 53; fig. 7 to 10	1,5-9,12-16 2-4,10-11
Y	JP 2009-504313 A (Ncontact Surgical, Inc.), 05 February 2009 (05.02.2009), paragraphs [0086] to [0089] & WO 2007/037785 A1 paragraphs [0086] to [0089]	2-4,10-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 May 2016 (11.05.16)	24 May 2016 (24.05.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/060779

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-23974 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 27 January 1995 (27.01.1995), paragraphs [0014] to [0016]; fig. 2 (Family: none)	2-4,10-11
A	US 2014/0012299 A1 (COVIDIEN LP), 09 January 2014 (09.01.2014), paragraphs [0032] to [0036]; fig. 1 to 2 & WO 2012/135705 A1 & EP 2691037 A1	1-16
A	WO 2015/164753 A1 (HUTCHISON, Joseph L.), 29 October 2015 (29.10.2015), paragraphs [0079] to [0080]; fig. 11A to 11C (Family: none)	1-16
A	JP 2004-209041 A (Olympus Corp.), 29 July 2004 (29.07.2004), paragraphs [0039] to [0045]; fig. 5 (Family: none)	2-4,10-11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６０７７９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B17/32(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B17/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	JP 11-70118 A (オリンパス光学工業株式会社) 1999.03.16, 段落[0002]-[0005], [0024]-[0041], 図 7-10 & US 6053906 A, 第 1 欄第 7-31 行, 第 6 欄第 66 行-第 9 欄第 53 行, FIG. 7-10	1, 5-9, 12-16 2-4, 10-11
Y	JP 2009-504313 A (エヌコンタクト　サージカル,　インコーポレイテッド) 2009.02.05, 段落[0086]-[0089] & WO 2007/037785 A1, [0086]-[0089]	2-4, 10-11

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １１．０５．２０１６	国際調査報告の発送日 ２４．０５．２０１６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｉ　４６４６ 吉田　昌弘 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３８６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 7-23974 A (オリンパス光学工業株式会社) 1995.01.27, 段落[0014]-[0016], 図２ (ファミリーなし)	2-4, 10-11
A	US 2014/0012299 A1 (COVIDIEN LP) 2014.01.09, 段落[0032]-[0036], Fig.1-2 & WO 2012/135705 A1 & EP 2691037 A1	1-16
A	WO 2015/164753 A1 (HUTCHISON, Joseph L.) 2015.10.29, 段落[0079]-[0080], FIG.11A-11C (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2004-209041 A (オリンパス株式会社) 2004.07.29, 段落[0039]-[0045], 図５ (ファミリーなし)	2-4, 10-11