

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5959791号
(P5959791)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 17/32 (2006.01) A 6 1 B 17/32 5 1 0

請求項の数 17 (全 50 頁)

(21) 出願番号	特願2016-522085 (P2016-522085)	(73) 特許権者	000000376
(86) (22) 出願日	平成27年9月15日 (2015.9.15)		オリンパス株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/076185		東京都八王子市石川町2951番地
審査請求日	平成28年4月11日 (2016.4.11)	(74) 代理人	100108855
(31) 優先権主張番号	特願2015-1839 (P2015-1839)		弁理士 蔵田 昌俊
(32) 優先日	平成27年1月7日 (2015.1.7)	(74) 代理人	100103034
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 野河 信久
(31) 優先権主張番号	特願2015-1840 (P2015-1840)	(74) 代理人	100153051
(32) 優先日	平成27年1月7日 (2015.1.7)		弁理士 河野 直樹
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100179062
早期審査対象出願			弁理士 井上 正
		(74) 代理人	100189913
			弁理士 鶴飼 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と

、
 前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある1つの方向を第1の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第1の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、

を具備し、

前記湾曲延設部は、

前記第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、

前記第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向く第2の湾曲外表面と、

を具備し、

前記第1の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、前記第2の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、

前記第2の湾曲外表面は、

前記第2の交差方向側に向かって突出し、突出端を形成し、処置対象を切削する切削面を有する突出部と、

前記突出部より前記基端側に設けられ、前記プローブ本体部に対して前記第1の交差方向側に屈曲する状態で延設される延設面と、

前記長手軸方向について前記延設面と前記切削面との間に連続し、前記延設面及び前記切削面に対して前記第 1 の交差方向側に凹む凹表面と、

を備え、

前記突出部の前記突出端は、前記延設面を前記先端側に延長した延長線上に位置する、又は、前記延設面の前記延長線に対して前記第 1 の交差方向側に位置する、

超音波プローブ。

【請求項 2】

前記突出部の前記突出端は、前記プローブ本体部の前記長手軸に対して前記第 1 の交差方向側に位置する、請求項 1 の超音波プローブ。

【請求項 3】

前記切削面は、前記突出部の前記突出端から前記先端側に向かって延設され、前記先端側に向かうにつれて前記第 1 の交差方向側に位置する状態に前記長手軸方向に対して傾斜する、請求項 1 の超音波プローブ。

【請求項 4】

前記第 2 の湾曲外表面は、前記切削面の前記先端側に連続するとともに、前記長手軸方向に対する鋭角が前記切削面に比べて大きくなる状態に前記切削面に対して前記第 1 の交差方向側に屈曲する先端側延設面を備え、

前記切削面の前記長手軸方向についての寸法は、前記突出部の前記突出端から前記先端側延設面の先端までの前記長手軸方向についての寸法の 25% 以上である、

請求項 3 の超音波プローブ。

【請求項 5】

前記長手軸に交差し、かつ、前記第 1 の交差方向及び前記第 2 の交差方向に垂直な 2 方向を第 1 の幅方向及び第 2 の幅方向とした場合、前記湾曲延設部は、前記第 1 の幅方向側を向く第 3 の湾曲外表面と、前記第 2 の幅方向側を向く第 4 の湾曲外表面と、を備え、

前記長手軸方向について前記突出部の前記突出端の位置では、前記突出端と前記第 1 の湾曲外表面との間の前記湾曲延設部の厚さ方向についての厚さ寸法は、前記第 3 の湾曲外表面と前記第 4 の湾曲外表面との間での前記第 1 の幅方向及び前記第 2 の幅方向についての幅寸法より、小さい、

請求項 1 の超音波プローブ。

【請求項 6】

前記湾曲延設部は、前記プローブ本体部の前記長手軸に対して 5 度以上 8 度以下の角度で折れ曲がる中心軸を有すると共に、前記長手軸に沿って前記基端側から前記先端側に向かって前記プローブ本体部を見たときに前記プローブ本体部の投影面内に常に配置されている、請求項 1 の超音波プローブ。

【請求項 7】

長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と

、前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある 1 つの方向を第 1 の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第 1 の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、

を具備し、

前記湾曲延設部は、

前記第 1 の交差方向側を向く第 1 の湾曲外表面と、

前記第 1 の交差方向とは反対側である第 2 の交差方向側を向く第 2 の湾曲外表面と、

を具備し、

前記第 1 の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第 1 の交差方向側への湾曲を開始する第 1 の湾曲開始位置は、前記第 2 の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第 1 の交差方向側への湾曲を開始する第 2 の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、

さらに、

前記第 1 の交差方向側を向くとともに、長手軸方向について前記プローブ本体部と前

10

20

30

40

50

記第 1 の湾曲外表面との間に設けられ、前記基端側から前記先端側に向かうにつれて、前記長手軸からの前記第 1 の交差方向への第 1 の距離が減少する第 1 の絞り外表面と、

前記第 2 の交差方向側を向くとともに、前記長手軸方向について前記プローブ本体部と前記第 2 の湾曲外表面との間に設けられ、前記基端側から前記先端側に向かうにつれて、前記長手軸からの前記第 2 の交差方向への第 2 の距離が減少する第 2 の絞り外表面と、

前記第 1 の交差方向側を向くとともに、前記長手軸方向について前記第 1 の絞り外表面と前記第 1 の湾曲外表面との間に連続し、前記長手軸に平行に延設される第 1 の軸平行外表面と、

前記第 2 の交差方向側を向くとともに、前記長手軸方向について前記第 2 の絞り外表面と前記第 2 の湾曲外表面との間に連続し、前記長手軸に平行に延設される第 2 の軸平行外表面と、

をさらに備える超音波プローブ。

【請求項 8】

前記第 1 の軸平行外表面の前記長手軸方向についての第 1 の延設寸法は、前記第 2 の軸平行外表面の前記長手軸方向についての第 2 の延設寸法に比べて、大きい、請求項 7 の超音波プローブ。

【請求項 9】

前記第 1 の絞り外表面の前記長手軸方向に対する第 1 の絞り角は、前記第 2 の絞り外表面の前記長手軸方向に対する第 2 の絞り角と、同一である、請求項 7 の超音波プローブ。

【請求項 10】

前記第 1 の絞り外表面の前記長手軸方向に対する第 1 の絞り角は、前記第 2 の絞り外表面の前記長手軸方向に対する第 2 の絞り角に比べて、大きい、請求項 7 の超音波プローブ。

【請求項 11】

前記第 1 の絞り外表面の先端は、前記第 2 の絞り外表面の先端に比べて、前記基端側に位置する、請求項 7 の超音波プローブ。

【請求項 12】

長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と、

前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある 1 つの方向を第 1 の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第 1 の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、

を具備し、

前記湾曲延設部は、

前記第 1 の交差方向側を向く第 1 の湾曲外表面と、

前記第 1 の交差方向とは反対側である第 2 の交差方向側を向く第 2 の湾曲外表面と、

を具備し、

前記第 1 の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第 1 の交差方向側への湾曲を開始する第 1 の湾曲開始位置は、前記第 2 の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第 1 の交差方向側への湾曲を開始する第 2 の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、

さらに、

前記第 2 の湾曲外表面は、複数の溝から形成され、処置対象を切削する第 1 の切削面を備え、

前記長手軸に交差し、かつ、前記第 1 の交差方向及び前記第 2 の交差方向に垂直な 2 方向を第 1 の幅方向及び第 2 の幅方向とした場合、前記第 1 の切削面は、前記第 1 の幅方向及び前記第 2 の幅方向のそれぞれからの投影において、前記湾曲延設部より前記第 1 の交差方向側に中心が位置する円弧状に形成される、超音波プローブ。

【請求項 13】

前記湾曲延設部は、前記第 1 の幅方向側を向く第 3 の湾曲外表面と、前記第 2 の幅方向

側を向く第 4 の湾曲外表面と、を備え、

前記第 3 の湾曲外表面は、複数の溝が形成され、前記処置対象を切削する第 2 の切削面を備え、

前記第 4 の湾曲外表面は、複数の溝が形成され、前記処置対象を切削する第 3 の切削面を備える、

請求項 1 2 の超音波プローブ。

【請求項 1 4】

前記第 2 の切削面は、前記第 1 の幅方向からの前記投影において、円弧状の前記第 1 の切削面に直交する第 1 の延設溝を備え、

前記第 3 の切削面は、前記第 2 の幅方向からの前記投影において、円弧状の前記第 1 の切削面に直交する第 2 の延設溝を備える、

請求項 1 3 の超音波プローブ。

【請求項 1 5】

長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と

前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある 1 つの方向を第 1 の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第 1 の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、

を具備し、

前記湾曲延設部は、

前記第 1 の交差方向側を向く第 1 の湾曲外表面と、

前記第 1 の交差方向とは反対側である第 2 の交差方向側を向く第 2 の湾曲外表面と、

を具備し、

前記第 1 の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第 1 の交差方向側への湾曲を開始する第 1 の湾曲開始位置は、前記第 2 の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第 1 の交差方向側への湾曲を開始する第 2 の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、

さらに、

前記長手軸に交差し、かつ、前記第 1 の交差方向及び前記第 2 の交差方向に垂直な 2 方向を第 1 の幅方向及び第 2 の幅方向とした場合、前記湾曲延設部は、前記第 1 の幅方向側を向く第 3 の湾曲外表面と、前記第 2 の幅方向側を向く第 4 の湾曲外表面と、を備え、

前記第 2 の湾曲外表面は、複数の溝から形成され、処置対象を切削する第 1 の切削面を備え、

前記第 3 の湾曲外表面は、複数の溝が形成され、前記処置対象を切削する第 2 の切削面を備え、

前記第 4 の湾曲外表面は、複数の溝が形成され、前記処置対象を切削する第 3 の切削面を備える、

超音波プローブ。

【請求項 1 6】

前記第 2 の切削面は、前記湾曲延設部の厚さ方向に沿って延設される第 1 の延設溝を備え、

前記第 3 の切削面は、前記湾曲延設部の前記厚さ方向に沿って延設される第 2 の延設溝を備え、

前記第 1 の切削面は、一端が第 1 の延設溝と連続し、他端が第 2 の延設溝と連続する中継溝を備える、

請求項 1 5 の超音波プローブ。

【請求項 1 7】

長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と

前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある 1 つの方向を第 1 の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第 1 の交差方向側へ湾

10

20

30

40

50

曲する状態で延設される湾曲延設部と、

を具備し、

前記湾曲延設部は、

前記第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、

前記第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向き、複数の溝が形成された処置対象を切削する第1の切削面を有する第2の湾曲外表面と、

を具備し、

前記第1の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、前記第2の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、

10

さらに、

前記長手軸に交差し、かつ、前記第1の交差方向及び前記第2の交差方向に垂直な2方向を第1の幅方向及び第2の幅方向とした場合、前記湾曲延設部は、前記第1の幅方向側を向く第3の湾曲外表面と、前記第2の幅方向側を向く第4の湾曲外表面と、を備え、

前記第1の切削面が延設される範囲では、前記第1の切削面と前記第1の湾曲外表面との間の前記湾曲延設部の厚さ方向についての厚さ寸法は、前記第3の湾曲外表面と前記第4の湾曲外表面との間での前記第1の幅方向及び前記第2の幅方向についての幅寸法より、小さい、

超音波プローブ。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波振動によって例えば硬骨組織及び軟骨組織の切削を行う超音波プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、超音波プローブ（超音波ホーン）を備える超音波処置システムが開示されている。この超音波処置システムでは、振動発生部（超音波振動機構）で発生した超音波振動が、超音波プローブにおいて基端側から先端側へ伝達される。超音波プローブの先端部には、メス部が面状の処置部位として形成されている。メス部では、超音波プローブの外表面が凸凹状に形成される。メス部を患部に接触させた状態で、メス部に超音波振動が伝達されることにより、患部が切削される。患部は、例えば、骨、その他の硬性組織である。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-152098号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

処置として、内視鏡（硬性鏡）による観察下で関節において患部を切削することがある。この場合、超音波プローブの先端部を狭い腔に挿入し、患部に超音波プローブの処置部位を接触させる。そして、処置部位を患部に接触させた状態で、超音波振動が処置部位に伝達されることにより、患部が切削される。

【0005】

前記特許文献1の超音波プローブは、プローブ本体部の先端部に配設され、プローブ本体部に対して直角よりも小さい範囲で折れ曲がっている湾曲部を有する。湾曲部は、長手軸に沿って基端から先端に向かってプローブ本体部をみたときに、プローブ本体部の投影面外に常に配置される。このため、前記特許文献1の超音波プローブは、患部に接触する前に、患部以外の部位に接触し患部以外の部位を傷つけてしまう虞がある。このように、

50

超音波プローブは狭い腔にて患部を処置するために適しておらず、狭い空間でも患部に容易にアクセスできる形状が求められている。

【 0 0 0 6 】

本発明は、これらの事情に鑑みてなされたものであり、狭い空間であっても患部に容易にアクセスできる形状を有する超音波プローブ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】

【 0 0 0 7 】

本発明のある態様の超音波プローブは、長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と、前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある1つの方向を第1の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第1の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、を具備し、前記湾曲延設部は、前記第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、前記第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向く第2の湾曲外表面と、を具備し、前記第1の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、前記第2の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、前記第2の湾曲外表面は、前記第2の交差方向側に向かって突出し、突出端を形成し、処置対象を切削する切削面を有する突出部と、前記突出部より前記基端側に設けられ、前記プローブ本体部に対して前記第1の交差方向側に屈曲する状態で延設される延設面と、前記長手軸方向について前記延設面と前記切削面との間に連続し、前記延設面及び前記切削面に対して前記第1の交差方向側に凹む凹表面と、を備え、前記突出部の前記突出端は、前記延設面を前記先端側に延長した延長線上に位置する、又は、前記延設面の前記延長線に対して前記第1の交差方向側に位置する。

本発明のある態様の超音波プローブは、長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と、前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある1つの方向を第1の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第1の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、を具備し、前記湾曲延設部は、前記第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、前記第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向く第2の湾曲外表面と、を具備し、前記第1の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、前記第2の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、さらに、前記第1の交差方向側を向くとともに、長手軸方向について前記プローブ本体部と前記第1の湾曲外表面との間に設けられ、前記基端側から前記先端側に向かうにつれて、前記長手軸からの前記第1の交差方向への第1の距離が減少する第1の絞り外表面と、前記第2の交差方向側を向くとともに、前記長手軸方向について前記プローブ本体部と前記第2の湾曲外表面との間に設けられ、前記基端側から前記先端側に向かうにつれて、前記長手軸からの前記第2の交差方向への第2の距離が減少する第2の絞り外表面と、前記第1の交差方向側を向くとともに、前記長手軸方向について前記第1の絞り外表面と前記第1の湾曲外表面との間に連続し、前記長手軸に平行に延設される第1の軸平行外表面と、前記第2の交差方向側を向くとともに、前記長手軸方向について前記第2の絞り外表面と前記第2の湾曲外表面との間に連続し、前記長手軸に平行に延設される第2の軸平行外表面と、をさらに備える。

本発明のある態様の超音波プローブは、長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と、前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある1つの方向を第1の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第1の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、を具備し、前記湾曲延設部は、前記第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、前記第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向く第2の湾曲外表面と、を具備し、前記第1の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、前記第2の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲

10

20

30

40

50

を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、さらに、前記第2の湾曲外表面は、複数の溝から形成され、処置対象を切削する第1の切削面を備え、前記長手軸に交差し、かつ、前記第1の交差方向及び前記第2の交差方向に垂直な2方向を第1の幅方向及び第2の幅方向とした場合、前記第1の切削面は、前記第1の幅方向及び前記第2の幅方向のそれぞれからの投影において、前記湾曲延設部より前記第1の交差方向側に中心が位置する円弧状に形成される。

本発明のある態様の超音波プローブは、長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と、前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある1つの方向を第1の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第1の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、を具備し、前記湾曲延設部は、前記第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、前記第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向く第2の湾曲外表面と、を具備し、前記第1の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、前記第2の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、さらに、前記長手軸に交差し、かつ、前記第1の交差方向及び前記第2の交差方向に垂直な2方向を第1の幅方向及び第2の幅方向とした場合、前記湾曲延設部は、前記第1の幅方向側を向く第3の湾曲外表面と、前記第2の幅方向側を向く第4の湾曲外表面と、を備え、前記第2の湾曲外表面は、複数の溝から形成され、処置対象を切削する第1の切削面を備え、前記第3の湾曲外表面は、複数の溝が形成され、前記処置対象を切削する第2の切削面を備え、前記第4の湾曲外表面は、複数の溝が形成され、前記処置対象を切削する第3の切削面を備える。

本発明のある態様の超音波プローブは、長手軸に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達するプローブ本体部と、前記プローブ本体部に対して前記先端側に設けられ、前記長手軸に交差するある1つの方向を第1の交差方向とした場合に、前記プローブ本体部に対して第1の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部と、を具備し、前記湾曲延設部は、前記第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、前記第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向き、複数の溝が形成された処置対象を切削する第1の切削面を有する第2の湾曲外表面と、を具備し、前記第1の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、前記第2の湾曲外表面が前記長手軸に対して前記第1の交差方向側への湾曲を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、前記先端側に位置し、さらに、前記長手軸に交差し、かつ、前記第1の交差方向及び前記第2の交差方向に垂直な2方向を第1の幅方向及び第2の幅方向とした場合、前記湾曲延設部は、前記第1の幅方向側を向く第3の湾曲外表面と、前記第2の幅方向側を向く第4の湾曲外表面と、を備え、前記第1の切削面が延設される範囲では、前記第1の切削面と前記第1の湾曲外表面との間の前記湾曲延設部の厚さ方向についての厚さ寸法は、前記第3の湾曲外表面と前記第4の湾曲外表面との間での前記第1の幅方向及び前記第2の幅方向についての幅寸法より、小さい。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、狭い空間であっても患部に容易にアクセスできる形状を有する超音波プローブを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る超音波処置システムを示す図である。

【図2】第1の実施形態に係る振動体ユニットを第1の幅方向側から見た概略図である。

【図3】第1の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第1の幅方向側から見た概略図である。

【図4】第1の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第2の交差方向側から見た概略図である。

【図5A】第1の実施形態に係る超音波プローブの湾曲部の断面積減少部及びその周辺を

10

20

30

40

50

拡大して示す概略図である。

【図 5 B】図 5 A の 5 B - 5 B 線断面図である。

【図 6】第 1 の実施形態に係る超音波プローブの湾曲部の処置部及びその周辺を拡大して示す概略図である。

【図 7】第 1 の実施形態に係る振動体ユニットが規定の周波数範囲で縦振動する状態での、先端側から 2 番目の振動腹と最も先端側の振動腹との間における、縦振動の振幅及び超音波振動による応力を示す概略図である。

【図 8 A】超音波プローブの処置の一例を示す概略図である。

【図 8 B】超音波プローブの処置の図 8 A とは別の一例を示す概略図である。

【図 9】第 2 の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第 1 の幅方向側から見た概略図である。

10

【図 10】第 2 の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第 2 の交差方向側から見た概略図である。

【図 11】第 2 の実施形態に係る超音波プローブの湾曲の処置部及びその周辺を拡大して示す概略図、及び、11 - 11 線断面図である。

【図 12】第 3 の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第 1 の幅方向側から見た概略図である。

【図 13】第 3 の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第 2 の交差方向側から見た概略図である。

【図 14】第 3 の実施形態に係る第 2 の湾曲延設部を図 12 の矢印 X I V の方向から見た概略図である。

20

【図 15】第 3 の実施形態に係る第 2 の湾曲延設部を第 1 の幅方向側から見た概略図である。

【図 16】図 12 の X V I - X V I 線断面図である。

【図 17】第 3 の実施形態に係る超音波処置システムを用いて肩関節において骨を切削している状態を、肩関節の前方側から見た概略図である。

【図 18】第 3 の実施形態に係る超音波処置システムを用いて肩関節において骨を切削している状態を、肩関節の後方側から見た概略図である。

【図 19】第 3 の実施形態に係る超音波プローブの湾曲延設部の第 1 の切削面が肩峰の下面に接触している状態を示す概略図である。

30

【図 20】第 3 の実施形態に係る超音波プローブの湾曲延設部の第 1 の切削面が肩峰の下面において図 19 とは異なる位置に接触している状態を示す概略図である。

【図 21】第 4 の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第 1 の幅方向側から見た概略図である。

【図 22】第 4 の実施形態に係る超音波プローブの先端部を第 2 の交差方向側から見た概略図である。

【図 23】第 4 の実施形態に係る第 2 の湾曲延設部を第 1 の幅方向側から見た概略図である。

【図 24】図 23 の X X I V - X X I V 線断面図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0010】

(第 1 の実施形態)

本発明の第 1 の実施形態について図 1 乃至図 10 を参照して説明する。図 1 は、本実施形態の超音波処置システム 1 を示す図である。図 1 に示すように、超音波処置システム 1 は、超音波処置具(ハンドピース) 2 と、エネルギー制御装置 3 と、振動子ユニット 5 と、を備える。超音波処置具 2 は、長手軸 C を有する。ここで、長手軸 C に平行な方向を長手軸方向とする。長手軸方向の一方が先端側(図 1 の矢印 C 1 側)であり、先端側とは反対方向が基端側(図 1 の矢印 C 2 側)である。

【0011】

超音波処置具 2 は、保持ユニット 6 と、シース 7 と、超音波プローブ 8 と、を備える。

50

保持ユニット6は、術者が保持する保持ケーシング11と、保持ケーシング11に取付けられ、術者が操作するためのエネルギー操作入力部であるエネルギー操作ボタン12と、を備える。保持ユニット6の先端側には、長手軸Cに沿って延設される中空な筒状部材であるシース7が連結されている。このシース7の内部には、超音波プローブ(振動伝達部材)8が挿通されている。なお、超音波プローブ8の先端部は、シース7の先端から先端側に向かって突出している。

【0012】

また、保持ユニット6の基端側には、振動子ケース13を有する振動子ユニット5が連結されている。振動子ユニット5には、ケーブル15の一端が接続されている。ケーブル15の他端は、エネルギー制御装置3に接続されている。エネルギー制御装置3は、電源と、電源からの電力を振動発生電力に変換する変換回路と、CPU(Central Processing Unit)又はASIC(application specific integrated circuit)を備えるプロセッサ(制御部)と、メモリ等の記憶媒体と、を備える。保持ケーシング11の内部には、エネルギー操作ボタン12でのエネルギー操作の入力によって開閉状態が変化するスイッチ(図示しない)が設けられる。スイッチは、振動子ユニット5及びケーブル15の内部を通過して延設される信号経路を介して、エネルギー制御装置3のプロセッサに電気的に接続されている。また、超音波処置システム1では、保持ケーシング11の内部及び振動子ケース13の内部を通過して、振動体ユニット20が延設されている。

10

【0013】

図2は、振動体ユニット20の構成を示す図である。図2に示すように、振動体ユニット20は、前述の超音波プローブ8と、振動発生部である複数の圧電素子で構成された超音波振動子21と、中継伝達部材22と、を備える。超音波振動子21及び中継伝達部材22は、振動子ケース13の内部に配置され、中継伝達部材22は、振動子ケース13によって支持されている。超音波振動子21は、中継伝達部材22に取付けられている。保持ケーシング11の内部で中継伝達部材22の先端側に超音波プローブ8が接続される。中継伝達部材22には、長手軸Cに垂直な断面積が先端側に向かって減少する断面積変化部23が設けられている。断面積変化部(ホーン部)23は、超音波振動子21より先端側に位置している。超音波振動子21には、電気配線25A, 25Bの一端が接続されている。電気配線25A, 25Bは、ケーブル15の内部を通過して延設され、他端がエネルギー制御装置3に接続されている。

20

30

【0014】

エネルギー操作ボタン12でのエネルギー操作の入力によってスイッチが閉状態になることにより、エネルギー制御装置3では、制御部が変換回路を制御し、電気配線25A, 25Bを通して振動発生電力(振動発生電流)を超音波振動子21に供給する。これにより、超音波振動子21で超音波振動が発生し、発生した超音波振動が中継伝達部材22を介して超音波プローブ8に伝達される。この際、中継伝達部材22の断面積変化部23で、超音波振動の振幅が拡大される。

【0015】

超音波プローブ8は、長手軸Cに沿って延設されるプローブ本体部31を備える。プローブ本体部31は、長手軸Cを軸中心として、略真直ぐに延設されている。プローブ本体部31の基端側には、係合接続部32が設けられている。係合接続部32が中継伝達部材22に設けられる係合溝(図示しない)と係合することにより(例えば、雌ネジと雄ネジとの螺合により)、中継伝達部材22の先端側にプローブ本体部31が接続される。中継伝達部材22にプローブ本体部31が接続されることにより、プローブ本体部31の基端に形成される当接面33が中継伝達部材22と当接する。プローブ本体部31へは、当接面33を通して、中継伝達部材22から超音波振動が伝達される。

40

【0016】

プローブ本体部31に超音波振動が伝達されることにより、プローブ本体部31(超音波プローブ8)において、基端側から先端側へ超音波振動が伝達される。プローブ本体部31が超音波振動を伝達する状態では、振動体ユニット20は、規定の周波数を含む規定

50

の周波数範囲で、振動方向が長手軸方向に平行な縦振動を行う。この際、振動体ユニット 20 の基端（中継伝達部材 22 の基端）に、縦振動の振動腹の 1 つである振動腹（最基端振動腹）A 1 が位置し、振動体ユニット 20 の先端（超音波プローブ 8 の先端）に、縦振動の振動腹の 1 つである振動腹（最先端振動腹）A 2 が位置する。ここで、振動腹 A 1 は、縦振動の振動腹の中で最も基端側に位置し、振動腹 A 2 は、縦振動の振動腹の中で最も先端側に位置する。ある実施例では、振動体ユニット 20 は、超音波振動を伝達することにより、47 kHz（規定の周波数）で縦振動を行う状態に設計され、実際に、46 kHz 以上 48 kHz 以下の周波数範囲（規定の周波数範囲）で縦振動する。

【0017】

超音波プローブ 8 は、長手軸方向について先端から基端（係合接続部 32 の基端）まで全長 L1 を有する。ある実施例では、全長 L1 は、183.1 mm であることが好ましい。また、超音波プローブ 8 は、長手軸方向について先端から当接面 33（プローブ本体部 31 の基端）まで長手寸法 L2 を有する。ある実施例では、長手寸法 L2 は、177.1 mm であることが好ましい。

【0018】

プローブ本体部 31 には、ホーン部（第 1 のホーン部）35 が設けられている。ホーン部 35 では、長手軸 C に垂直な断面積が先端側に向かって減少する。ホーン部（断面積減少部）35 は、当接面 33 より先端側に位置し、プローブ本体部 31 は、長手軸方向について当接面 33 からホーン部 35 の基端（振動入力端）E1 まで長手寸法 L3 を有する。ある実施例では、長手寸法 L3 は、29 mm であることが好ましい。また、ホーン部（第 1 のホーン部）35 は、長手軸方向について基端（振動入力端）E1 から先端（振動出力端）E2 までホーン長手寸法（第 1 のホーン長手寸法）L4 を有する。ある実施例では、ホーン長手寸法 L4 は、20 mm であることが好ましい。

【0019】

プローブ本体部 31 は、長手軸方向について当接面 33 からホーン部 35 の基端 E1 まで、外径が略一定に保たれる。したがって、プローブ本体部 31 では、当接面 33 及びホーン部 35 の基端 E1 において外径 D1 を有する。ある実施例では、外径 D1 は、7 mm であることが好ましい。また、ホーン部 35 では、先端側に向かって断面積が減少するため、ホーン部 35 の先端 E2 では、プローブ本体部 31 は、外径 D1 より小さい外径 D2 を有する。すなわち、ホーン部 35 では、外径 D1 から外径 D2 までプローブ本体部 31 の外径が先端側に向かって減少する。ある実施例では、外径 D2 は、3.8 mm であることが好ましい。

【0020】

振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲（例えば 46 kHz 以上 48 kHz 以下）で縦振動する状態では、縦振動の振動節の 1 つである振動節 N1 がホーン部 35 の基端 E1 又は基端 E1 の近傍に位置し、長手軸方向について縦振動のいずれの振動腹もホーン部 35 から離れて位置している。このため、先端側に向かって断面積が減少するホーン部 35 では、縦振動（超音波振動）の振幅が拡大される。ある実施例では、ホーン部 35 の基端 E1 に振動腹での振幅が 18 μm の縦振動が伝達され、ホーン部 35 で縦振動の振幅が拡大される。なお、規定の周波数範囲に含まれる規定の周波数（例えば 47 kHz）で振動体ユニット 20 が縦振動する状態では、振動節 N1 がホーン部 35 の基端 E1 に位置する。

【0021】

プローブ本体部 31 には、ホーン部（第 2 のホーン部）36 が設けられている。ホーン部 36 では、長手軸 C に垂直な断面積が先端側に向かって減少する。ホーン部（断面積減少部）36 は、ホーン部（第 1 のホーン部）35 より先端側に位置し、プローブ本体部 31 は、長手軸方向について当接面 33 からホーン部 36 の基端（振動入力端）E3 まで長手寸法 L5 を有する。ある実施例では、長手寸法 L5 は、88.1 mm であることが好ましい。また、ホーン部（第 2 のホーン部）36 は、長手軸方向について基端（振動入力端）E3 から先端（振動出力端）E4 までホーン長手寸法（第 2 のホーン長手寸法）L6 を有する。ある実施例では、ホーン長手寸法 L6 は、14 mm であることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

プローブ本体部 3 1 は、長手軸方向についてホーン部（第 1 のホーン部）3 5 の先端 E 2 からホーン部（第 2 のホーン部）3 6 の基端 E 3 まで、外径が略一定に保たれる。したがって、プローブ本体部 3 1 では、ホーン部 3 6 の基端 E 3 において外径 D 2 を有する。すなわち、ホーン部 3 5 の先端 E 2 及びホーン部 3 6 の基端 E 3 では、プローブ本体部 3 1 の外径が、外径 D 2 となり、略同一の大きさとなる。また、ホーン部 3 6 では、先端側に向かって断面積が減少するため、ホーン部 3 6 の先端 E 4 では、プローブ本体部 3 1 は、外径 D 2 より小さい外径 D 3 を有する。すなわち、ホーン部 3 6 では、外径 D 2 から外径 D 3 までプローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって減少する。ある実施例では、外径 D 3 は、2 . 7 mm であることが好ましい。

10

【 0 0 2 3 】

振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲（例えば 4 6 k H z 以上 4 8 k H z 以下）で縦振動する状態では、縦振動の振動節の 1 つである振動節 N 2 がホーン部 3 6 の基端 E 3 又は基端 E 3 の近傍に位置し、長手軸方向について縦振動のいずれの振動腹もホーン部 3 6 から離れて位置している。このため、先端側に向かって断面積が減少するホーン部 3 6 では、縦振動（超音波振動）の振幅が拡大される。なお、規定の周波数範囲に含まれる規定の周波数（例えば 4 7 k H z ）で振動体ユニット 2 0 が縦振動する状態では、振動節 N 2 がホーン部 3 6 の基端 E 3 に位置する。また、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、振動節 N 2 は、振動節 N 1 より先端側に位置する。

【 0 0 2 4 】

プローブ本体部 3 1 には、断面積増加部 3 7 が設けられている。断面積増加部 3 7 では、長手軸 C に垂直な断面積が先端側に向かって増加する。断面積増加部 3 7 は、ホーン部（第 2 のホーン部）3 6 より先端側に位置し、プローブ本体部 3 1 は、長手軸方向について当接面 3 3 から断面積増加部 3 7 の先端（振動出力端）E 6 まで長手寸法 L 7 を有する。ある実施例では、長手寸法 L 7 は、1 1 6 . 7 mm であることが好ましい。また、断面積増加部 3 7 は、長手軸方向について基端（振動入力端）E 5 から先端（振動出力端）E 6 まで延設寸法 L 8 を有する。延設寸法 L 8 は、小さいため、断面積増加部 3 7 では、基端 E 5 から先端 E 6 までの距離が小さくなる。

20

【 0 0 2 5 】

プローブ本体部 3 1 は、長手軸方向についてホーン部（第 2 のホーン部）3 6 の先端 E 4 から断面積増加部 3 7 の基端 E 5 まで、外径が略一定に保たれる。したがって、プローブ本体部 3 1 では、断面積増加部 3 7 の基端 E 5 において外径 D 3 を有する。すなわち、ホーン部 3 6 の先端 E 4 及び断面積増加部 2 7 の基端 E 5 では、プローブ本体部 3 1 の外径が、外径 D 3 となり、略同一の大きさとなる。また、断面積増加部 3 7 では、先端側に向かって断面積が増加するため、断面積増加部 3 7 の先端 E 6 では、プローブ本体部 3 1 は、外径 D 3 より大きい外径 D 4 を有する。すなわち、断面積増加部 3 7 では、外径 D 3 から外径 D 4 までプローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって増加する。ある実施例では、外径 D 4 は、ホーン部 3 6 の基端 E 3 での外径 D 2 と略同一である。この場合、外径 D 4 は、3 . 8 mm であることが好ましい。

30

【 0 0 2 6 】

振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、縦振動の振動腹の 1 つである振動腹 A 3 が断面積増加部 3 7 に位置している。超音波振動による応力がゼロになる振動腹 A 3 が断面積増加部 3 7 に位置するため、先端側に向かって断面積が増加する断面積増加部 3 7 においても、縦振動（超音波振動）の振幅はほとんど減少しない。なお、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、振動腹 A 3 は、振動節 N 2 より先端側に位置し、本実施形態では、振動腹 A 3 は、縦振動の振動腹の中で 2 番目に先端側に位置する。

40

【 0 0 2 7 】

プローブ本体部 3 1 は、弾性部材（図示しない）を介してシース 7 に支持される被支持部 3 8 を備える。被支持部 3 8 は、断面積増加部 3 7 より先端側に位置している。プロー

50

プローブ本体部 31 は、長手軸方向について断面積増加部 37 の先端 E6 から被支持部 38 の基端 E7 まで長手寸法 L9 を有する。ある実施例では、長手寸法 L9 は、24.1 mm であることが好ましい。また、被支持部 38 は、長手軸方向について基端 E7 から先端 E8 まで延設寸法 L10 を有する。延設寸法 L10 は、小さく、ある実施例では、延設寸法 L10 は、3 mm である。

【0028】

プローブ本体部 31 は、長手軸方向について断面積増加部 37 の先端 E6 から被支持部 38 の基端 E7 まで、外径が略一定に保たれる。したがって、プローブ本体部 31 では、被支持部 38 の基端 E7 において外径 D4 を有する。すなわち、断面積増加部 37 の先端 E6 及び被支持部 38 の基端 E7 では、プローブ本体部 31 の外径が、外径 D4 となり、略同一の大きさとなる。被支持部 38 の基端部では、プローブ本体部 31 の外径が、外径 D4 から外径 D5 に減少する。ある実施例では、外径 D5 は、外径 D4 に比べ 0.4 mm 程度だけ小さくなる。被支持部 38 では、長手軸方向について大部分に渡って、プローブ本体部 31 の外径が、外径 D5 で略一定に保たれる。そして、被支持部 38 の先端部において、プローブ本体部 31 の外径が、外径 D5 から外径 D6 に増加する。これにより、プローブ本体部 31 は、被支持部 38 の先端 E8 において外径 D6 を有する。被支持部 38 の先端 E8 での外径 D6 は、被支持部 38 の基端 E7 での外径 D4 と略同一である。このため、被支持部 38 の基端 E7 及び先端 E8 では、長手軸 C に垂直なプローブ本体部 31 の断面積が略同一となる。ある実施例では、外径 D6 は、3.8 mm であることが好ましい。

【0029】

振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、縦振動の振動節の 1 つである振動節 N3 が被支持部 38 に位置している。このため、プローブ本体部 31 (超音波プローブ 8) は、縦振動している状態においても、被支持部 38 で弾性部材を介してシース 7 に取付けられる。また、縦振動の振動節 N3 でシース 7 に支持されるため、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、被支持部 38 からシース 7 への超音波振動の伝達が防止される。振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、振動節 (最先端振動節) N3 は、振動節 N2 より先端側に位置し、縦振動の振動節の中で最も先端側に位置している。また、被支持部 38 の基端 E7 及び先端 E8 では、長手軸 C に垂直なプローブ本体部 31 の断面積が略同一となるため、被支持部 38 では、縦振動の振幅はほとんど変化しない。

【0030】

また、シース 7 の先端は、被支持部 38 の先端 E8 より先端側に位置する。したがって、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、振動節の中で最も先端側に位置する振動節 N3 は、シース 7 の内部に位置する。

【0031】

図 3 及び図 4 は、超音波プローブ 8 の先端部の構成を示す図である。ここで、長手軸 C に交差する (略垂直な) ある 1 つの方向を第 1 の交差方向 (図 2 及び図 3 のそれぞれにおいて矢印 P1 の方向) とし、第 1 の交差方向 (第 1 の垂直方向) とは反対方向を第 2 の交差方向 (図 2 及び図 3 のそれぞれにおいて矢印 P2 の方向) とする。また、長手軸 C に交差し (略垂直で)、かつ、第 1 の交差方向 (第 1 の垂直方向) 及び第 2 の交差方向 (第 2 の垂直方向) に垂直な (交差する) 2 方向の一方を、第 1 の幅方向 (図 4 において矢印 B1 の方向) とする。そして、第 1 の幅方向とは反対方向を第 2 の幅方向 (図 4 において矢印 B2 の方向) とする。ここで、図 2 及び図 3 は、超音波プローブ 8 を第 1 の幅方向側から見た図であり、図 4 は、超音波プローブ 8 を第 2 の垂直方向側から見た図である。なお、図 3 において、破線 S1 及び破線 S2 で示す範囲が、シース 7 の先端より先端側に突出する。

【0032】

図 3 及び図 4 に示すように、プローブ本体部 31 は、被支持部 38 より先端側の位置まで延設されている。すなわち、プローブ本体部 31 の先端 E9 は、被支持部 38 の先端 E

8より先端側に位置している。ただし、被支持部38の先端E8とプローブ本体部31の先端E9との間の長手軸方向についての距離は、小さく、ある実施例では0.6mm程度である。

【0033】

前述のように、プローブ本体部31では、ホーン部(第1のホーン部)35及びホーン部(第2のホーン部)36において縦振動の振幅が拡大され、断面積増加部37及び被支持部38において縦振動の振幅がほとんど変化しない。前述のような構成であるため、ある実施例では、プローブ本体部31の基端(当接面33)に振動腹での振幅が18 μ mの縦振動が伝達された場合に、プローブ本体部31の先端E9において、振動腹での振幅が80 μ mの縦振動になる。

10

【0034】

超音波プローブ8において、プローブ本体部31の先端側には、先端構成部31aが連続している。例えばプローブ本体部31の先端E9よりも前方が、先端構成部31aとして機能する。

【0035】

図3に示すように、先端構成部31aは、後述する刃先部143を含む基準面31bと、基準面31bとは反対側に配設される反対面31cとを有している。基準面31bは先端構成部31aの上面であり、反対面31cは先端構成部31aの下面である。また、基準面31bは、第1の交差方向側を向き、反対面31cは、第2の交差方向側を向いている。基準面31b及び反対面31cは、先端構成部31aが先端構成部31aの先端E50に向かって細くなるように、絞られている。図3と図4とに示すように、基準面31b及び反対面31cにおいて、絞り開始位置S1は、長手軸C方向において、先端E50から長手寸法L50離れた位置となっている。長手寸法L50は、32mmであることが好ましい。基準面31b及び反対面31cの絞り開始位置S3は、テーパ部101の基端とプローブ本体部31の先端E9との連続位置であり、プローブ本体部31とテーパ部101との間の境界位置となる。

20

【0036】

図3と図4とに示すように、先端構成部31aの周方向において、基準面31bと反対面31cとは、先端構成部31aの両側面31dと連続している。両側面31dの一方は、第1の幅方向側を向き、両側面31dの他方は、第2の幅方向側を向いている。図4に示すように、両側面31dの一部は、先端E50に向かって細くなるように絞られている。図3と図4とに示すように、両側面31dにおいて、両側面31dの絞り開始位置S4は、長手軸C方向において、先端E50から長手寸法L51離れた位置となっている。長手寸法L51は、25mmであることが好ましい。なお、両側面31dの絞り終了位置S5より先端側では、両側面31dは絞られておらず、図4に示すように絞り終了位置S5は、先端E50から長手寸法L53離れた位置となっている。長手寸法L53は、10mmであることが好ましい。また絞り開始位置S3から絞り開始位置S4までの間において、両側面31dは絞られていない。

30

【0037】

図3と図4とに示すように、先端構成部31aは、テーパ部101(断面積減少部)と、中継延設部103と、湾曲部(湾曲延設部)105とを有している。テーパ部101の先端部は中継延設部103の基端部と連続し、中継延設部103の先端部は湾曲部105の基端部と連続している。

40

【0038】

図3と図4とに示すように、テーパ部101では、先端側に向かうにつれて、長手軸Cに垂直な断面積が減少する。テーパ部101の(絞り開始位置S3での)最大外径D7は、3.8mmであることが好ましい。テーパ部101の(絞り終了位置S5, S6での)最小厚さ(最小外径)D8は、1.7mmであることが好ましい。

【0039】

図3に示すように、テーパ部101の一部101aは、基準面31bに含まれ、例えば

50

テーパ部 101 の上面である。テーパ部 101 の一部 101 b は、反対面 31 c に含まれ、例えばテーパ部 101 の下面である。一部 101 b は、テーパ部 101 において第 1 の交差方向側を向く第 1 の絞り外表面を形成し、一部 101 a は、テーパ部 101 において第 2 の交差方向側を向く第 2 の絞り外表面を形成する。一部 101 a , 101 b は、絞り開始位置 S3 から絞り終了位置 S6 まで絞られている。このため、一部（第 1 の絞り外表面）101 b では、基端側から先端側に向かうにつれて、長手軸 C からの第 1 の交差方向への第 1 の距離が減少する。そして、一部（第 2 の絞り外表面）101 a では、基端側から先端側に向かうにつれて、長手軸 C からの第 2 の交差方向への第 2 の距離が減少する。絞り終了位置 S6 は、絞り開始位置 S3 よりも前方（先端側）に位置する。絞り開始位置 S3 から絞り終了位置 S6 までの長手寸法 L54 は、18 mm であることが好ましい。一部 101 a , 101 b は、後述する絞り部位として機能する。

10

【0040】

図 3 と図 4 とに示すように、テーパ部 101 では、両側面 31 d は、絞り開始位置 S4 から絞り終了位置 S5 まで絞られている。テーパ部 101 において、絞り開始位置 S4 より基端側では両側面 31 d は、絞られておらず、この長さは、絞り開始位置 S3 から絞り開始位置 S4 までの長さとなっている。

【0041】

テーパ部 101 では、先端側に向かうにつれて、長手軸 C に垂直な断面積が減少する。振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲（例えば 46 kHz 以上 48 kHz 以下）で縦振動する状態では、縦振動の振動節の 1 つである振動節（最先端振動節）N3 が被支持部 38 に位置し、テーパ部 101 の基端（E9）の近傍に位置している。そして、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、長手軸方向について縦振動のいずれの振動腹もテーパ部 101 から離れて位置している。このため、先端側に向かつて断面積が減少するテーパ部 101 では、縦振動（超音波振動）の振幅が拡大される。ある実施例では、テーパ部 101 の基端（E9）に振動腹での振幅が 80 μm の縦振動が伝達された場合に、先端 E50 が 140 μm ~ 150 μm の縦振動になる。

20

【0042】

また、本実施形態では、テーパ部 101 の基端（E9）から先端（S5）までの長手軸方向についての寸法が、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態での 8 分の 1 波長（ $\lambda/8$ ）より大きくなる。ある実施例では、振動体ユニット 20 が 46 kHz 以上 48 kHz 以下（規定の周波数範囲）で縦振動する状態において、振動節（最先端振動節）N3 から振動腹（最先端振動腹）A2 である先端 E50 までの 4 分の 1 波長（ $\lambda/4$ ）が 34.4 mm 以上 35.2 mm 以下となる。これに対し、この実施例では、テーパ部 101 の基端（E9）から絞り終了位置 S5 までの長手軸方向についての寸法が 22 mm 程度となり、振動体ユニット 20 が 46 kHz 以上 48 kHz 以下（規定の周波数範囲）で縦振動する状態での 8 分の 1 波長より大きくなる。また、テーパ部 101 では、長手軸方向について基端（E9）と絞り終了位置 S6 との間の長手寸法 L54 も、17.9 mm 以上 18.1 mm 以下である。したがって、長手寸法 L54 も、振動体ユニット 20 が 46 kHz 以上 48 kHz 以下（規定の周波数範囲）で縦振動する状態での 8 分の 1 波長より大きくなる。

30

40

【0043】

図 3 に示すように、中継延設部 103 における基準面 31 b と反対面 31 c とは、絞られておらず、長手軸 C に沿って平行に配設されている。図 4 に示すように、中継延設部 103 において両側面 31 d は、絞り終了位置 S5 まで絞られている。中継延設部 103 の長さは、絞り終了位置 S6 から絞り終了位置 S5 までの長さとなっている。この部位は、後述する平行部位として機能する。

【0044】

図 5 A に示すように、湾曲部 105 は、プローブ本体部 31 の中心軸である長手軸 C に対して折れ曲がる中心軸 C0 を有している。湾曲部 105 の中心軸 C0 は、湾曲部 105 の基端部から湾曲部 105 の先端部に向かつて長手軸 C から離れるように（下方に向かう

50

ように)折れ曲がる。中心軸C0は、直線状に延びている。そして図3と図5Aに示すように、湾曲部(湾曲延設部)105は、プローブ本体部31の先端側にてプローブ本体部31(長手軸方向)に対して折れ曲がっている。湾曲部105は、長手軸Cから離れるように第1の交差方向側に直線状に折れ曲がる。折れ曲がっている湾曲部105は、長手軸Cに沿って基端から先端に向かって超音波プローブ8をみたときに(すなわち基端側からの投影において)、プローブ本体部31の投影面内に常に配置される。図4に示すように湾曲部105において、両側面31dは、絞られておらず、長手寸法L53を有する部分に該当する。

【0045】

図3と図5Aと図6とに示すように、湾曲部(湾曲延設部)105は、第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面105aと、第2の交差方向側を向く第2の湾曲外表面105bと、を備える。第1の湾曲外表面105aは、反対面31cの一部であり、第2の湾曲外表面105bは、基準面31bの一部である。また、湾曲部105は、第1の幅方向側を向く第3の湾曲外表面105cと、第2の幅方向側を向く第4の湾曲外表面105dと、を備える。湾曲部105は、断面積減少部110と、断面積均一部120と、処置部130とを有している。断面積減少部110の基端部は、中継延設部103の先端部と連続する。断面積均一部120の基端部は、断面積減少部110の先端部と連続する。処置部130の基端部は、断面積均一部120の先端部と連続する。断面積減少部110は湾曲部105の基端部に配設され、処置部130は湾曲部105の先端部に配設され、断面積均一部120は断面積減少部110と処置部130との間に配設される。処置部130は、例えば、膝関節における患部200である大腿骨を処置する(切削する)。

【0046】

図3と図5Aとに示すように、断面積減少部110の一部110aは、基準面31b及び第2の湾曲外表面105bに含まれ、例えば断面積減少部110の上面である。一部110aは、テーパ状に絞られている。具体的には、一部110aは、中継延設部103における基準面31b(一部103a)に対して、長手軸Cに近づく方向に(長手軸Cに向かって下方に)直線状に折れ曲がっている。折れ曲がり角度(鋭角)50は5度以上20度以下となっている。

【0047】

図3と図5Aとに示すように、断面積減少部110の一部110bは、反対面31c及び第1の湾曲外表面105aに含まれ、例えば断面積減少部110の下面である。一部110bは、長手軸Cに対して平行に配設されている。一部110bと長手軸Cとの間の寸法L56は、0.95mmであることが好ましい。

【0048】

図5Aに示すように、一部110aと一部110bとによって、湾曲部105の中心軸C0に含まれる断面積減少部110の中心軸C1は、長手軸Cに対して長手軸Cから離れる方向に(長手軸Cに対して下方に向かって)直線状に折れ曲がる。すなわち、断面積減少部110は、長手軸Cに対して第1の交差方向側に折れ曲がる。

【0049】

図3と図5Aとに示すように、断面積均一部120は、均一の太さとなっている。図5Aと図5Bとに示すように、断面積均一部120の高さ(厚さ寸法)H51は、1.4mmが好ましい。断面積均一部120の幅(幅寸法)W51は、2.8mmが好ましい。断面積均一部120の周囲において、角R51は、0.5mmとなっている。

【0050】

図5Aに示すように、断面積均一部120の一部120aは、基準面31b及び第2の湾曲外表面105bに含まれ、例えば断面積均一部120の上面である。一部120aは、断面積減少部110の一部110aと連続し、一部110aと同一直線上に配設されている。このため、一部120aは、一部110aと同様に、中継延設部103における基準面31b(一部103a)に対して、長手軸Cに近づく方向に(長手軸Cに向かって下方に)直線状に折れ曲がっている。折れ曲がり角度(鋭角)50は5度以上20度以下

10

20

30

40

50

となっている。図3と図6とに示すように、一部120aの先端部が長手軸C上に交差するように、一部120aは長手軸Cまで延びている。

【0051】

図3と図5Aとに示すように、一部120aは、処置部130に連続し、長手軸Cに近づいて長手軸C上に交差するように中継延設部103の周面に対して折れ曲がる第1折曲面として機能する。したがって、一部110a、120aは、プローブ本体部31及びテーパ部101に対して第1の交差方向側に屈曲する状態で延設される延設面となる。

【0052】

図3と図5Aとに示すように、断面積均一部120の一部120bは、反対面31c及び第1の湾曲外表面105aに含まれ、例えば断面積均一部120の下面である。一部120bは、反対面31cに含まれる断面積減少部110の一部110bと連続している。一部120bは、一部110bに対して、長手軸Cから離れる方向に（長手軸Cに対して下方に向かって）に直線状に折れ曲がっている。折れ曲がり角度（鋭角）50は、前記した折れ曲がり角度50と同様に、5度以上20度以下となっている。このように折れ曲がり角度50は、一部110a及び断面積均一部120の周面の折れ曲がり角度となる。これにより、一部120aは、一部120bと平行に配設されることとなる。図3と図6とに示すように、一部120bの先端部は、長手軸Cよりも下方に位置する。

【0053】

図5Aに示すように、一部120aと一部120bとによって、湾曲部105の中心軸C0に含まれる断面積均一部120の中心軸C2は、断面積減少部110の中心軸C1に対して長手軸Cから離れる方向に（長手軸Cに対して下方に向かって）直線状に折れ曲がっている。すなわち、中心軸C2は、中心軸C1に対して第1の交差方向側に折れ曲がっている。折れ曲がり角度50は、前記した折れ曲がり角度50と同様に、5度以上20度以下となっている。なお湾曲部105の中心軸C0は、プローブ本体部31の長手軸C（長手軸方向）に対して5度以上8度以下の角度で折れ曲がるのが好適である。つまり、折れ曲がり角度（鋭角）50は、5度以上8度以下であることが好適である。

【0054】

図3と図5Aとに示すように、先端E50から反対面31c（第1の湾曲外表面105a）の折れ曲がり開始位置（第1の湾曲開始位置）E14までの長手寸法L55は、8.5mmが好ましい。折れ曲がり開始位置E14は、一部110bと一部120bとの連続部位である。このため、湾曲部105は、折れ曲がり開始位置E14を基準に形成される。長手寸法L55は、断面積均一部120の長さ処置部130の長さとの和を示す。

【0055】

湾曲部（湾曲延設部）105の折れ曲がりにおいて、湾曲部105の上面である第2の湾曲外表面105bは、処置部位である刃先部143及び後述する突出部137の周面を含み、中継延設部103の上面に対して折れ曲がっている。また、湾曲部105の下面である第1の湾曲外表面105aは、湾曲部105の中心軸C0を挟んで湾曲部105の上面とは反対側に備えられ、中継延設部103の下面に対して折れ曲がっている。湾曲部105の上面は、例えば、基準面31bにおける一部110a、120a、130aを含む。湾曲部105の下面は、例えば、反対面31cにおける一部110b、120b、130bを含む。一部103aは、基準面31bに含まれ、例えば中継延設部103の上面である。一部103bは、一部110bと同様に、反対面31cに含まれる。一部103bは、中継延設部103の下面である。中継延設部103の上面（長手軸方向）に対する湾曲部105の上面の折れ曲がり開始位置（第2の湾曲開始位置）E15は、一部103aと一部110aとの連続部位である。中継延設部103の下面（長手軸方向）に対する湾曲部105の下面の折れ曲がり開始位置（第1の湾曲開始位置）E14は、一部110bと一部120bとの連続部位である。折れ曲がり開始位置E14は、折れ曲がり開始位置E15よりも先端側に位置する。プローブ本体部31と湾曲部105とは、プローブ本体部31から湾曲部105へ超音波振動が伝達されている状態で、規定の周波数範囲で振動する。プローブ本体部31と湾曲部105とが規定の周波数範囲で振動している状態にお

10

20

30

40

50

いて、折れ曲がり開始位置 E 1 4 , 1 5 は、複数の振動節における最先端の振動節 N 3 よりも前方つまり湾曲部 1 0 5 の先端部側に位置する。

【 0 0 5 6 】

図 4 に示すように、処置部 1 3 0 の幅 W 5 2 (処置部 1 3 0 での第 3 の湾曲外表面 1 0 5 c と第 4 の湾曲外表面 1 0 5 d との間の第 1 の幅方向及び第 2 の幅方向についての幅寸法) は、断面積均一部 1 2 0 の幅 W 5 1 と同様に、2 . 8 mm であることが好ましい。

【 0 0 5 7 】

図 3 と図 6 とに示すように、処置部 1 3 0 の一部 1 3 0 a は、基準面 3 1 b 及び第 2 の湾曲外表面 1 0 5 b に含まれ、例えば処置部 1 3 0 の上面である。一部 1 3 0 a は、基準面 3 1 b に含まれる断面積均一部 1 2 0 の一部 (延設面) 1 2 0 a に対して長手軸 C から離れる方向に (長手軸 C に対して下方に向かって) 直線状に折れ曲がっている。一部 1 3 0 a は、処置部 1 3 0 に配設され、第 1 折曲面である一部 1 2 0 a の折曲方向且つ長手軸 C から離れる方向に向かって (すなわち第 1 の交差方向側へ) 第 1 折曲面 (延設面) に対して折れ曲がる第 2 折曲面として機能する。

10

【 0 0 5 8 】

図 3 と図 6 とに示すように、この一部 1 3 0 a は、円弧状に滑らかに湾曲して、基準面 3 1 b 及び第 2 の湾曲外表面 1 0 5 b に含まれる一部 1 3 1 a に連続している。一部 1 3 1 a は、処置部 1 3 0 に配設され、第 1 折曲面である一部 1 2 0 a の折曲方向とは逆側である長手軸 C に近づく方向に向かって (すなわち第 2 の交差方向側へ) 第 2 折曲面である一部 1 3 0 a に対して折れ曲がり、第 1 折曲面である一部 1 2 0 a の延長線 1 2 5 に向かって延びる第 3 折曲面として機能する。この一部 1 3 1 a は、一部 1 3 0 a に対して長手軸 C に向かって、一部 (延設面) 1 2 0 a の延長線 1 2 5 に当接する位置、または、延長線 1 2 5 よりも下方の位置にまで延びている。一部 1 3 1 a は、例えば処置部 1 3 0 の上面である。

20

【 0 0 5 9 】

図 6 に示すように、両側面 3 1 d のそれぞれの側からみて、一部 1 3 0 a , 1 3 1 a の間の湾曲面部 1 3 2 a は、角 R 5 2 を有し、角 R 5 2 は 0 . 5 mm となっている。湾曲面部 1 3 2 a において、一部 1 3 1 a は、一部 1 3 0 a に対して角度 5 1 を有し、角度 5 1 は、90 度である。一部 1 3 0 a に対する一部 1 3 1 a の高さ H 5 2 は、0 . 6 mm が好ましい。長手軸 C 方向と一部 1 3 1 a との間に形成される角度 (鋭角) 5 2 は、5 5 度以上 8 5 度以下となっている。

30

【 0 0 6 0 】

図 6 に示すように、一部 1 3 0 a , 1 3 1 a によって、基準面 3 1 b (第 2 の湾曲外表面 1 0 5 b) の先端部には、凹部 (凹表面) 1 2 7 が形成される。凹表面 1 2 7 は、一部 (延設面) 1 2 0 a に対して第 1 の交差方向側に凹む。

【 0 0 6 1 】

図 3 と図 6 とに示すように、処置部 1 3 0 の一部 1 3 0 b は、反対面 3 1 c 及び第 1 の湾曲外表面 1 0 5 a に含まれ、例えば処置部 1 3 0 の下面である。一部 1 3 0 b は、反対面 3 1 c に含まれる断面積均一部 1 2 0 の一部 1 2 0 b と連続し、一部 1 2 0 b と同一直線上に配設されている。一部 1 3 0 b は、湾曲面部 1 3 2 a よりも前方 (先端側) にまで延びている。一部 1 3 0 b は、長手軸 C 且つ後方に向かって円弧状に滑らかに湾曲して、基準面 3 1 b 及び第 2 の湾曲外表面 1 0 5 b に含まれる一部 1 3 4 a に連続している。一部 1 3 4 a は、例えば処置部 1 3 0 の上面である。

40

【 0 0 6 2 】

図 6 に示すように、両側面 3 1 d のそれぞれの側からみて、一部 1 3 0 b , 1 3 4 a の湾曲面部 1 3 2 b は角 R 5 3 を有し、角 R 5 3 は 0 . 5 mm となっている。一部 1 3 4 a は、一部 1 3 0 b に対して角度 5 3 で傾斜している。角度 5 3 は、55 度である。図 4 に示すように、基準面 3 1 b 側からみて、湾曲面部 1 3 2 b は角 R 5 4 を有し、角 R 5 4 は 0 . 5 mm となっている。

【 0 0 6 3 】

50

図6に示すように、一部130bと湾曲面部132bとの境界点133は、先端構成部31aの厚さ方向(径方向)において、処置部130のなかで長手軸Cから最も離れている部位である。この境界点133は、先端構成部31aの厚さ方向において、長手軸Cと最大外径D7を有するテーパ部101の一部(例えばE9)における反対面31cとの間に位置する。すなわち、境界点133は、テーパ部101の基端において外表面の第1の交差方向側を向く部位に対して、第2交差方向側に位置する。つまり長手軸Cに沿って基端から先端をみたときに(長手軸方向について基端側からの投影において)、境界点133を有する処置部130を含む湾曲部105は、テーパ部101(プローブ本体部31)の投影面内に常に配置される。

【0064】

図3と図6とに示すように、一部134aは、後方に向かって折れ曲がって、基準面31b(第2の湾曲外表面105b)に含まれる一部135aに連続している。この連続部位(折れ曲がり部分)は境界部141となる。境界部141は、処置部130の幅方向(矢印B1及びB2方向)に沿って線状に形成されており、一部134a及び一部135aの端部(境界)である。一部135aは、例えば処置部130の上面である。

【0065】

図6に示すように、一部135aは、延長線125に対して角度54で折れ曲がっている。角度(鋭角)54は、25度である。言い換えると、一部135aは、断面積均一部120の中心軸C2に対して、角度54で傾斜している。

【0066】

図3と図6とに示すように、一部135aは、一部131aと連続している。一部135aは、一部135aと一部131aとの連続部位を中心に一部134aに向かって(長手軸Cから離れるように(下方に向かうように))角度55で傾斜している。角度55は、30度以上45度以下である。このような一部135aは、第3折曲面である一部131aに対して第1折曲面である一部120aの折曲方向に折れ曲がる切削面として機能する。なお本実施形態では、一部134aは、一部135aよりも前方(先端側)に配設され、一部135aに対して長手軸Cから離れる方向に折れ曲がる延設面として機能する。したがって、切削面である一部135aは、先端側に向かうにつれて第1の交差方向側に位置する状態に長手軸方向に対して傾斜する。また、延設面である一部134aは、一部135aの先端側に連続する。そして、一部135aは、長手軸方向に対する鋭角が一部134aに比べて大きくなる状態に、一部135aに対して第1の交差方向側に屈曲する。

【0067】

図3と図6とに示すように、一部135aと一部131aとの連続部位は、刃先部143として機能する。このため、一部135aは、刃先部143を有していることとなる。そして一部135aは、刃先部143を中心に、一部120aの折曲方向且つ一部120aの延長線125から離れる方向に刃先部143に対して折れ曲がることとなる。また一部134a、135aは、長手軸Cに対して傾斜している。したがって、切削面である一部135aは、刃先部143から先端側に向かって延設される。

【0068】

図6に示すように、長手方向において湾曲面部132bに形成される先端E50(一部134aの先端)と刃先部143との間の長手寸法L57は、0.6mmであることが好ましい。図3と図4と図6とに示すように、刃先部143は、処置部130の幅方向に沿って線状に形成されており、一部131a及び一部135aの端部(境界)である。刃先部143と境界点133(第1の湾曲外表面105a)との間の高さH53(厚さ方向についての厚さ寸法)は、1.4mmが好ましい。高さH13は、後述する突出部137を含む処置部130の先端部の高さであり、処置部130の幅W52よりも短い。すなわち、長手軸方向について突出部137の突出端(143)の位置では、突出端(143)と第1の湾曲外表面105aとの間の湾曲延設部105の厚さ方向についての厚さ寸法(H13)は、第3の湾曲外表面105cと第4の湾曲外表面105dとの間での第1の幅方

10

20

30

40

50

向及び第2の幅方向についての幅寸法(W52)より、小さい。なお幅W52は、前記したように、2.8mmである。長手軸Cに沿った一部135a(切削面)の長さは、刃先部143(処置部位)から湾曲部105の先端E50までの長手寸法L57の25%以上である。刃先部143は、処置部130と一部131aと一部135aとにおいて最も高い位置に配設されている。図6に示すように刃先部143を含む一部135aは、一部120aの延長線125上または延長線125よりも下方(第1の交差方向側)に位置する。刃先部143は、第3折曲面である一部131aと切削面(処置面)である一部135aとの連続部位に設けられる。刃先部143は、図6に示すように第1折曲面である一部120aの延長線125上に位置する、または、第1折曲面である一部120aの延長線125を境界として長手軸Cとは境界を挟んで反対側に位置する処置部位として機能する。つまり刃先部143は、延長線125に当接する位置または延長線125よりも下方の位置に配設される。また、刃先部143は、プローブ本体部31の長手軸に対して第1の交差方向側に位置する。

10

【0069】

図6に示すように、前記した処置部130の形状において、処置部130は、長手軸Cに対する湾曲部105の中心軸C0の折れ曲がり方向とは逆側に(すなわち第2の交差方向側に向かって)突出する突出部137と、突出部137の端部に配設されることによって長手軸Cに対する中心軸C0の折れ曲がり方向とは逆側の位置に配設され、膝関節を処置する処置部位である刃先部143とを有することとなる。すなわち、刃先部143は、突出部137の突出端となり、一部131a及び切削面である一部135aによって突出部137の突出端が形成されている。突出部137は、第2の湾曲外表面105bの一部となる。また、一部130a、131aから形成される凹部(凹表面)127は、第2の湾曲外表面105bにおいて延設面である一部120aと切削面である一部135aとの間に連続し、一部135aに対して第1の交差方向側へ凹む。

20

【0070】

突出部137は、例えば、湾曲面部132aと一部131a、135a、134aとに囲まれる領域部分である。湾曲面部132aと一部131a、135a、134aとは、突出部137の周面である。突出部137の端部(突出端)とは、一部131aと一部135aとの連続部位である。突出部137の最大高さは、一部130aに対する一部131aの高さH52である。

30

【0071】

先端構成部31aは、前記したようなテーパ部101と中継延設部103と湾曲部(湾曲延設部)105とを有する。見方を変えると、超音波プローブ8は、絞り部位と平行部位と交差部位とを有する。

【0072】

図3に示すように、絞り部位は、先端構成部31aに配設され、長手軸Cに向かって先細に絞られる。絞り部位は、一部101a、101bを有する。一部101a、101bは、長手軸Cを中心に上下対称に配設され、互いに同じ長さ、形状と傾斜とを有する。このため上面(第2の絞り外表面)における絞り角度(第2の絞り角)は、下面(第1の絞り外表面)における絞り角度(第1の絞り角)と同一である。絞り部位は、プローブ本体部31及び湾曲部105とともに、絞り部位をとおしてプローブ本体部31から湾曲部105へ超音波振動が伝達されている状態で、規定の周波数範囲で振動する。絞り部位がプローブ本体部31と湾曲部105とともに規定の周波数範囲で振動している状態において、絞り部位の長手寸法L54、及び、絞り部位の基端(E9)から絞り終了位置S5までの寸法は、振動の8分の1波長よりも大きい。絞り部位と絞り部位よりも先端側に配設されている処置部130とは、振動の4分の1波長の中に配設される。

40

【0073】

図3と図5Aとに示すように、平行部位は、プローブ本体部31の先端部且つ絞り部位よりも前方(先端側)に配設され、絞り部位に連続し、一部103a、103b、110bが長手軸Cに平行である。平行部位は、例えば、中継延設部103における基準面31

50

b及び反対面31cと、断面積減少部110における反対面31cとを有する。言い換えると、平行部位は、例えば、中継延設部103の一部103a、103bと、断面積減少部110の一部110bとを有する。一部103aは、一部(第2の絞り外表面)101aと第2の湾曲外表面105bとの間に連続し、長手軸Cに平行な上面(第2の軸平行外表面)である。一部103b、110bは、一部(第1の絞り外表面)101bと第1の湾曲外表面105aとの間に連続し、長手軸Cを挟んで上面とは反対側に配設される下面(第2の軸平行外表面)である。一部103b、110bは、長手軸Cに平行で、上面(第2の軸平行外表面)を形成する一部103aよりも長い。一部103aと一部103bとは、長手軸Cを中心に上下対称に配設され、互いに同じ長さ形状とを有する。一部110bが配設されるため、平行部位における下面は、平行部位における上面よりも長く、平行部位における上面よりも先端側にまで延びている。

10

【0074】

図5Aと図6とに示すように、交差部位は、湾曲部105に配設され、平行部位に連続し、長手軸Cに交差する。交差部位は、例えば、湾曲部105における基準面31bを有する。言い換えると、交差部位は、断面積均一部120の一部120aを有する。

【0075】

前記したように、折れ曲がっている湾曲部105は、長手軸Cに沿って基端から先端に向かって超音波プローブ8をみたときに、プローブ本体部31の投影面内に常に配置される。そして、一部101bは、長手軸Cに向かって絞られる。連続する一部103bは一部101bの先端に連続し且つ長手軸Cに平行であり、一部110bは一部103bの先端に連続し且つ長手軸Cに平行である。一部103b、110bはプローブ本体部31の投影面内に常に配置される。一部120b、130bは、長手軸Cから離れる方向に直線状に折れ曲がっているが、一部103b、110bと同様にプローブ本体部31の投影面内に常に配置される。このため、図3に示すように、反対面31c側で、且つ、プローブ本体部31の投影面内には、スペース145が形成される。スペース145は、長手軸C方向において基端E9(一部101aの基端)と一部130bの先端との間に位置し、且つ、先端構成部31aの側方に位置する。スペース145は、先端構成部31aを挟んで、刃先部143とは逆側に配設される。

20

【0076】

次に、本実施形態の超音波プローブ8の作用及び効果について説明する。

30

例えば膝関節の内視鏡観察下手術において、一般的には、患部200にアプローチするために配設される図示しないポート部(開口部)は所定の位置に定められている。

【0077】

超音波プローブ8の形状において、超音波プローブ8の長手軸に沿って超音波プローブ8の基端部から先端部に向かって超音波プローブ8をみたときに、本実施形態とは異なり、超音波プローブ8の先端部が基端部の投影面外に常に配置されるように、先端部は基端部に対して折れ曲がっているとす。そして、処置部130が先端部に配置されているとする。この場合、一般的にポート部は狭く、筒状部材は細く、膝関節における腔は狭く、大腿骨の周面は曲面状に形成されている。このため、前記した超音波プローブ8の形状では、筒状部材に対する超音波プローブ8の挿入性と、患部200への超音波プローブ8における処置部位のアプローチ性が低下する虞が生じる。超音波プローブ8において、振動方向によって処置できる方向が決まる。超音波プローブ8が適切な状態で患部200に接触されないと、処置の効率が低下する。また腔は狭く、患部は曲面状に形成されている。このため前記した超音波プローブ8の形状では、狭い腔にて患部200を処置するために適していない。また前記した超音波プローブ8の形状では、患部に接触する前に、患部以外の部位に接触し患部以外の部位を傷つけてしまう虞がある。このように、超音波プローブは狭い腔にて患部を処置するために適していない。

40

【0078】

本実施形態では、湾曲部105は、プローブ本体部31に対して折れ曲がっている。この湾曲部105において、長手軸C方向に沿って基端から先端をみたときに、境界点13

50

3を有する処置部130を含む湾曲部105は、テーパ部101の投影面内に常に配置される。湾曲部105の中心軸は、プローブ本体部31の長手軸Cに対して5度以上8度以下の角度で折れ曲がる。

これによりポート部が狭く筒状部材が細くても、プローブ本体部31が筒状部材に挿入されれば、湾曲部105を有する超音波プローブ8において、筒状部材への超音波プローブ8の挿入性を向上できる。また湾曲部105の湾曲の程度によって、湾曲部105を有する超音波プローブ8は筒状部材を挿通可能となり、挿通時に、湾曲部105が筒状部材の内周面に当接しないですむ。そして図8Aと図8Bとに示すように、患部200である大腿骨への超音波プローブ8における処置部位である刃先部143のアプローチ性及び患部200に対する処置効率を向上できる。本実施形態では、図8Aと図8Bとに示すように、超音波プローブ8をプローブ本体部31の軸周りに回転させ、刃先部143の向きを変えることによって、大腿骨のどの部位であっても、容易に処置を可能にでき、処置効率及び処置クオリティを向上できる。患部200が十字靭帯の奥に存在する場合、刃先部143を患部200に容易にアプローチできる。

【0079】

本実施形態では、第1折曲面（延設面）である一部120aが長手軸Cに近づいて長手軸C上に接するようにプローブ本体部31の周面に対して折れ曲がっている。そして処置部位である刃先部143（突出部137の突出端）は、第1折曲面である一部120aの延長線125上に位置する、または、第1折曲面である一部120aの延長線125を境界として長手軸Cとは境界を挟んで反対側に位置する（すなわち、延長戦125より第1の交差方向側に位置する）。刃先部143は、処置部130の幅方向に沿って線状に形成されている。

このため大腿骨と脛骨との間の腔が狭く、大腿骨の下面が曲面状に形成されていても、超音波プローブ8は、超音波プローブ8の形状によって、患部200を適切に処置できる。また膝関節に限定されることはなく、膝関節以外の関節（例えば肩関節）の狭い腔において、超音波プローブ8は、超音波プローブ8の形状によって、患部200を適切に処置できる。また、図8Aと図8Bとに示すように、患部200である大腿骨への超音波プローブ8における処置部位である刃先部143のアプローチ性及び患部200に対する処置効率を向上できる。特に超音波プローブ8（プローブ本体部31）が患部200に対して斜めにアプローチされても、刃先部143が傾いているため、処置効率を向上できる。また本実施形態では、図8Aと図8Bとに示すように、プローブ本体部31をプローブ本体部31の軸周りに回転させ、刃先部143の向きを変えることによって、大腿骨のどの部位であっても、容易に処置を可能にでき、処置効率及び処置クオリティを向上できる。また患部200が十字靭帯の奥に存在する場合、刃先部143を患部200に容易にアプローチできる。

【0080】

処置部位である刃先部143は、湾曲部105の中心軸C0の折れ曲がり方向とは逆側の位置に配設される。このため、刃先部143をプローブ本体部31の投影面積内に常に配置できる。プローブ本体部31が細い筒状部材に挿入される際、刃先部143を筒状部材の内周面に当接させずにできる。また大腿骨のどの部位であっても、刃先部143のアプローチ性を向上できる。

【0081】

処置部130は湾曲部105の細い先端部である。処置部130の先端部（突出部137の突出端）での高さが処置部130の幅よりも短いため、処置部130が薄い状態で、処置部130の強度を確保できる。強度が確保されるため、テーパ部101で縦振動の振幅Vを拡大しても、処置部130の折れを防止できる。そして、折れが防止された状態で、拡大した縦振動の振幅Vによって骨などの硬い患部200を処置できる。また処置部130が薄いため、処置部130を容易に患部200にアプローチできる。

【0082】

折れ曲がり開始位置（第2の湾曲開始位置）E15は、折れ曲がり開始位置（第1の湾

10

20

30

40

50

曲開始位置) E 1 4 よりも基端側に位置する。このため、逃げ部としてのスペース 1 4 5 を形成できるため、狭い腔において患部 2 0 0 へアクセス性を向上できる。具体的には、例えば患部 2 0 0 である大腿骨の下面が処置されるとする。スペース 1 4 5 が形成されることにより、例えば反対面 3 1 c が大腿骨の下面に対向する脛骨の上面に当接することを防止できる。つまり、患部 2 0 0 以外の部位が意図せずに処置されてしまうことを防止でき及び傷つくことを防止できる。そして、超音波プローブ 8 は、狭い空間でも患部 2 0 0 に容易にアクセスできる。また湾曲部 1 0 5 の先端部を細く及び軽くでき、狭い腔における処置効率を向上できる。

【 0 0 8 3 】

折れ曲がり開始位置 E 1 4 , 1 5 は、最先端の振動節 N 3 よりも湾曲部 1 0 5 の先端側に位置する。このためテーパ部 1 0 1 で拡大された縦振動の振幅 V を刃先部 1 4 3 に伝達でき、処置効率を向上できる。

10

【 0 0 8 4 】

絞り部位と平行部位と交差部位とによって、プローブ本体部 3 1 の先端部を先細にでき、アプローチ性を向上できる。さらに、逃げ部としてのスペース 1 4 5 を形成できるため、狭い腔における処置効率を向上できる。具体的には、例えば患部 2 0 0 である大腿骨の下面が処置されるとする。スペース 1 4 5 が形成されることにより、例えば反対面 3 1 c が大腿骨の下面に対向する脛骨の上面に当接することを防止できる。つまり、患部 2 0 0 以外の部位が意図せずに処置されてしまうことを防止でき及び傷つくことを防止できる。そして、超音波プローブ 8 は、狭い空間でも患部 2 0 0 に容易にアクセスできる。また湾曲部 1 0 5 の先端部を細く及び軽くでき、狭い腔における処置効率を向上できる。

20

【 0 0 8 5 】

患部 2 0 0 が例えば骨のように硬い場合、縦振動の振幅 V を拡大する必要がある。本実施形態では、絞り部位を含むテーパ部 1 0 1 によって、縦振動の振幅 V を確実に拡大できる。

【 0 0 8 6 】

刃先部 1 4 3 を含む一部 1 3 5 a は、刃先部 1 4 3 を中心に一部 1 3 4 a に向かって長手軸 C に対して角度 5 5 で傾斜している。このため、プローブ本体部 3 1 が長手軸 C 方向に沿って進退する際、刃先部 1 4 3 を含む一部 1 3 5 a によって、例えば患部 2 0 0 の曲面状の側面を処置できる。また、一部 1 3 5 a によって患部 2 0 0 が切削されることにより、刃先部 1 4 3 によって切削された箇所のみが凹むことが防止され、患部 2 0 0 の周面において段差が形成されることが防止される。

30

【 0 0 8 7 】

一部 1 3 1 a と一部 1 3 5 a と一部 1 3 4 a とによって突出部 1 3 7 が形成され、つまり突出部 1 3 7 において刃先部 (突出端) 1 4 3 より先端側が 2 段形成される。このため本実施形態では、刃先部 1 4 3 の先端側で傾斜が変化しない場合に比べて、処置部 1 3 0 の厚みと強度とを確保できる。また切削面 (処置面) の長さは、刃先部 1 4 3 から湾曲部 1 0 5 の先端 E 5 0 (一部 1 3 4 a の先端) までの長手寸法 L 5 7 の 2 5 % 以上である。このため、突出部 1 3 7 (処置部 1 3 0) の厚みと強度とを確保できる。強度が確保されるため、テーパ部 1 0 1 で縦振動の振幅 V を拡大しても、突出部 1 3 7 の折れを防止できる。そして、折れが防止された状態で、拡大した縦振動の振幅 V によって骨などの硬い患部 2 0 0 を処置できる。

40

【 0 0 8 8 】

本実施形態では、テーパ部 1 0 1 と中継延設部 1 0 3 とが配設され、所定の長さが確保されている。このため、振幅が拡大されても、先端構成部 3 1 a の所定部位に応力が集中することを防止でき、先端構成部 3 1 a 全体に応力を分散できる。

【 0 0 8 9 】

図 7 は、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態での、先端側から 2 番目の振動腹 A 3 と最も先端側の振動腹 A 2 との間における、縦振動の振幅 V 及び超音波振動による応力 を示している。図 7 では、横軸に長手軸方向についての位置を示し、縦

50

軸に振幅 V 及び応力 σ を示している。また、図7では、縦振動の振幅 V の変化を実線で示し、応力 σ の変化を一点鎖線で示している。

【0090】

図7に示すように、振動体ユニット20が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、最も先端側の振動節N3より先端側にテーパ部101が位置し、テーパ部101で縦振動の振幅 V が拡大される。例えば、振動腹での振幅が $80\mu\text{m}$ の縦振動が、テーパ部101によって、振動腹での振幅が $140\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下の縦振動に拡大される。また、超音波振動による応力 σ は、振動節及び超音波振動の伝達方向に垂直な断面積が減少する部分で大きくなり、振動腹でゼロとなる。したがって、図7に示すように、振動節N3からテーパ部101の先端である絞り終了位置S5との間において、応力 σ が大きくなる。

10

【0091】

ここで、本実施形態では、テーパ部101の基端(E9)から絞り終了位置S5までの長手軸方向についての寸法が、振動体ユニット20が規定の周波数範囲で縦振動する状態での8分の1波長($\lambda/8$)より大きくなる。そして、テーパ部101では、長手軸方向について基端(E9)と絞り終了位置S6との間の長手寸法L54も、振動体ユニット20が規定の周波数範囲で縦振動する状態での8分の1波長より大きくなる。テーパ部101の基端(E9)から絞り終了位置S5(絞り終了位置S6)までの長手軸方向についての寸法が大きくなることにより、振動節N3からテーパ部101の絞り終了位置S5との間の全長に渡って、超音波振動による応力 σ が略均一に保たれる。すなわち、振動節N3からテーパ部101の絞り終了位置S5との間において、応力が局所的に大きくなること(すなわち、ピークが発生することが)、有効に防止される。例えば、ある実施例では、振動腹での振幅が大きくなる(例えば $80\mu\text{m}$ の)縦振動がテーパ部101の基端(E9)に伝達されても、振動体ユニット20が規定の周波数範囲(例えば 46kHz 以上 48kHz 以下)で縦振動する状態では、振動節N3からテーパ部101の絞り終了位置S5との間において応力 σ が 300Mpa 程度で略均一に保たれる。すなわち、本実施形態では、振動節N3からテーパ部101の絞り終了位置S5との間において(例えば、テーパ部101の先端である絞り終了位置S5で)、応力が局所的に 700Mpa 程度まで大きくなることが防止される。応力 σ が局所的に大きくなることが防止されるため、超音波振動による超音波プローブ8の破損を有効に防止することができる。

20

【0092】

本実施形態では、超音波プローブ8が骨などの硬い患部200を超音波振動によって処置する場合、テーパ部101で縦振動の振幅 V を拡大させる必要があり、刃先部143を患部200に押し付ける必要がある。処置時において、絞り部位を含むテーパ部101と湾曲部105とは、拡大した振幅 V と押し付けとによって折れる虞がある。本実施形態では、長手寸法L54は、超音波プローブ8の振動体ユニット20が縦振動する状態での8分の1波長よりも大きい。絞り部位と処置部130とは、振動体ユニット20が縦振動する状態での4分の1波長の中に配設される。このため長手寸法L54において応力が分散され、つまり前記したように、応力が局所的に大きくなることが防止される。また中継延設部103と湾曲部105とにおいて応力が減少する。よって、超音波振動による超音波プローブ8の破損を有効に防止でき、振幅 V の拡大と折れの防止とを両立できる。

30

40

【0093】

本実施形態では、段差が形成されないようにプローブ本体部31及び先端構成部31aは形成されており、先端構成部31aは絞られているのみである。これによりキャビテーションの発生を抑制でき、患部200が処置される際にキャビテーションが観察視野を妨げることを防止でき、言い換えると術者の視認性を向上できる。そして、キャビテーションが患部200を傷つけることを防止でき、キャビテーションがプローブ本体部31及び先端構成部31aを傷つけることを防止できる。

【0094】

断面積均一部120の周囲において角R51が形成され、湾曲面部132aにおいて角R52が形成され、一部130bの湾曲面部132bにおいて角R53と角R54とが形

50

成される。このため、断面積均一部 1 2 0 と湾曲面部 1 3 2 b とにおいて、キャビテーションの発生を抑制でき、キャビテーションが患部 2 0 0 を傷つけることを防止できる。また前記において、断面積均一部 1 2 0 と湾曲面部 1 3 2 a と湾曲面部 1 3 2 b とが患部 2 0 0 に接触しても、角 R 5 1 , R 5 2 , R 5 3 , R 5 4 によって患部 2 0 0 が傷つけられることを防止できる。

【 0 0 9 5 】

(第 2 の実施形態)

本実施形態では、図 9 と図 1 0 と図 1 1 とを参照して第 1 の実施形態とは異なる点のみ記載する。

【 0 0 9 6 】

全長 L 1 は、1 8 3 . 2 mm であることが好ましい。長手寸法 L 2 は、1 7 7 . 2 mm であることが好ましい。長手寸法 L 5 3 は、9 . 9 5 mm 以上 1 0 . 0 5 mm 以下となっており、1 0 mm であることが好ましい。

【 0 0 9 7 】

図 9 と図 1 1 とに示すように、湾曲面部 1 3 2 a において、例えば角 R 5 2 は 0 . 4 mm となっている。一部 1 3 0 a に対する一部 1 3 1 a の高さ H 5 2 は、0 . 7 mm が好ましい。

【 0 0 9 8 】

図 1 1 に示すように、基準面 3 1 b 側からみた場合の湾曲面部 1 3 2 b の角 R 5 4 は、1 mm となっている。

【 0 0 9 9 】

図 1 1 に示すように、一部 1 3 5 a と一部 1 3 0 a の平面方向に対して直交する直交方向との間に形成される角度 5 6 は、7 0 度である。一部 1 3 5 a の長手寸法 L 6 0 は、0 . 2 mm が好ましい。

【 0 1 0 0 】

図 1 1 に示すように、湾曲面部 1 3 2 b は、長手軸 C 且つ後方に向かって円弧状に滑らかに湾曲しており、基準面 3 1 b (第 2 の湾曲外表面 1 0 5 b) に含まれる一部 1 3 4 a に連続している。幅方向 (第 1 の幅方向及び第 2 の幅方向) に垂直な断面において湾曲面部 1 3 2 b と一部 1 3 4 a との間の湾曲部 1 3 2 c は角 R 5 5 を有し、角 R 5 5 は 0 . 4 mm となっている。一部 1 3 4 a は、長手軸 C に対して角度 5 7 で曲がっている。角度 5 7 は、5 5 度である。

【 0 1 0 1 】

図 1 1 に示すように、一部 1 3 4 a は、長手軸 C 且つ後方に向かって円弧状に滑らかに湾曲しており、一部 1 3 5 a に連続している。幅方向に垂直な断面において一部 1 3 4 a と一部 1 3 5 a との間の湾曲部 1 3 2 d は角 R 5 6 を有し、角 R 5 6 は 0 . 4 mm となっている。一部 1 3 5 a は、長手軸 C に対して角度 5 8 で曲がっている。角度 5 8 は、2 5 度である。

【 0 1 0 2 】

図 1 1 に示すように、長手方向において湾曲面部 1 3 2 b に形成される先端 E 5 0 (一部 1 3 4 a の先端) と刃先部 1 4 3 との間の長手寸法 L 6 1 は、0 . 6 mm が好ましい。

【 0 1 0 3 】

図 1 1 に示すように、刃先部 1 4 3 を含む一部 1 3 5 a の全面が一部 1 2 0 a の延長線 1 2 5 上に配置されるように、一部 1 3 5 a は、刃先部 1 4 3 を中心に、刃先部 1 4 3 に対して一部 1 2 0 a の折曲方向に折れ曲がっている。または刃先部 1 4 3 を含む一部 1 3 5 a の全面が一部 1 2 0 a の延長線 1 2 5 を境界として長手軸 C とは境界を挟んで反対側に位置するように、一部 1 3 5 a は、刃先部 1 4 3 を中心に、刃先部 1 4 3 に対して一部 1 2 0 a の折曲方向に折れ曲がっている。つまり刃先部 1 4 3 を含む一部 1 3 5 a の全面は、延長線 1 2 5 と同一平面上または延長線 1 2 5 よりも下方の平面上に配設される。

【 0 1 0 4 】

図 1 1 に示すように刃先部 1 4 3 を含む一部 1 3 1 a と一部 1 3 5 a とは、円弧状に形

10

20

30

40

50

成されている。この場合、刃先部 1 4 3 の円弧を形成する中心位置と刃先部 1 4 3 との間の長手寸法 L 6 2 は、2 mm が好ましい。中心位置は、一部 1 3 0 a 側（基端側）に形成される。

【0105】

本実施形態では、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。本実施形態では、一部 1 3 5 a と一部 1 3 4 a との間に境界部 1 4 1 の代わりに角のない湾曲部 1 3 2 d が形成されており、湾曲部 1 3 2 c , 1 3 2 d によってさらにキャビテーションの発生を抑制できる。刃先部 1 4 3 を含む一部 1 3 1 a と一部 1 3 5 a とは、円弧状に形成されている。このため、患部 2 0 0 に対する処置性を向上できる。

【0106】

（第 3 の実施形態）

次に、本発明の第 2 の実施形態について、図 1 2 乃至図 2 0 を参照して説明する。第 2 の実施形態は、第 1 の実施形態の構成を次の通り変形したものである。なお、第 1 の実施形態と同一の部分については同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0107】

本実施形態でも、プローブ本体部 3 1 は、第 1 の実施形態と同様に、ホーン部 3 5、ホーン部 3 6、断面積増加部 3 7 及び被支持部 3 8 を備える。ある実施例では、超音波プローブ 8 の全長 L 1 は、1 8 2 . 9 mm である。また、ある実施例では、長手軸方向について超音波プローブ 8 の先端から当接面 3 3（プローブ本体部 3 1 の基端）まで長手寸法 L 2 は、1 7 7 . 5 mm であることが好ましい。

【0108】

また、本実施形態のある実施例では、長手軸方向について当接面 3 3 からホーン部 3 5 の基端（振動入力端）E 1 までの長手寸法 L 3 は、2 9 mm であることが好ましい。また、ホーン部（第 1 のホーン部）3 5 の長手軸方向について基端（振動入力端）E 1 から先端（振動出力端）E 2 までのホーン長手寸法（第 1 のホーン長手寸法）L 4 は、2 0 mm であることが好ましい。本実施形態でも、ホーン部 3 5 では、外径 D 1 から外径 D 2 までプローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって減少する。ある実施例では、外径 D 1 は、7 mm であることが好ましい。そして、外径 D 2 は、3 . 8 mm であることが好ましい。

【0109】

また、本実施形態のある実施例では、長手軸方向について当接面 3 3 からホーン部 3 6 の基端（振動入力端）E 3 までの長手寸法 L 5 は、8 8 . 1 mm であることが好ましい。そして、ホーン部（第 2 のホーン部）3 6 の長手軸方向について基端（振動入力端）E 3 から先端（振動出力端）E 4 までのホーン長手寸法（第 2 のホーン長手寸法）L 6 は、1 3 . 9 mm 以上 1 4 . 1 mm 以下であり、1 4 mm であることが好ましい。本実施形態でも、ホーン部 3 6 では、外径 D 2 から外径 D 3 までプローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって減少する。ある実施例では、外径 D 3 は、2 . 7 mm であることが好ましい。

【0110】

本実施形態のある実施例では、長手軸方向について当接面 3 3 から断面積増加部 3 7 の先端（振動出力端）E 6 までの長手寸法 L 7 は、1 1 6 . 7 mm であることが好ましい。また、断面積増加部 3 7 の長手軸方向について基端（振動入力端）E 5 から先端（振動出力端）E 6 まで延設寸法 L 8 は、小さくなる。本実施形態でも、断面積増加部 3 7 では、外径 D 3 から外径 D 4 までプローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって増加する。ある実施例では、外径 D 4 は、ホーン部 3 6 の基端 E 3 での外径 D 2 と略同一になり、外径 D 4 は、3 . 8 mm であることが好ましい。

【0111】

本実施形態のある実施例では、長手軸方向について断面積増加部 3 7 の先端 E 6 から被支持部 3 8 の基端 E 7 までの長手寸法 L 9 は、2 4 . 1 mm であることが好ましい。また、被支持部 3 8 は、長手軸方向について基端 E 7 から先端 E 8 まで延設寸法 L 1 0 は、3 mm となる。そして、被支持部 3 8 では、基端部において外径が外径 D 4 から外径 D 5 に減少し、先端部において外径が外径 D 5 から外径 D 6 に増加する。ある実施例では、外径

10

20

30

40

50

D 5 は、外径 D 4 に比べて僅かに (0 . 4 m m 程度) 小さい。そして、外径 D 6 は、外径 D 4 と略同一であり、 3 . 8 m m であることが好ましい。

【 0 1 1 2 】

また、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲 (4 6 k H z 以上 4 8 k H z 以下) で縦振動する状態では、振動節 N 1 がホーン部 3 5 の基端 E 1 又は基端 E 1 の近傍に位置し、振動節 N 2 がホーン部 3 6 の基端 E 3 又は基端 E 3 の近傍に位置する。また、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、振動腹 A 3 が断面積増加部 3 7 に位置し、振動腹 (最先端振動腹) A 2 が超音波プローブ 8 の先端に位置する。そして、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、縦振動の振動節の 1 つである振動節 (最先端振動節) N 3 が被支持部 3 8 に位置している。前述のような構成にすることにより、本実施形態のある実施例においても、プローブ本体部 3 1 の基端 (当界面 3 3) に振動腹での振幅が 1 8 μ m の縦振動が伝達された場合に、プローブ本体部 3 1 の先端 E 9 において、振動腹での振幅が 8 0 μ m の縦振動になる。

10

【 0 1 1 3 】

図 1 2 及び図 1 3 は、超音波プローブ 8 の先端部の構成を示す図である。図 1 2 は、超音波プローブ 8 を第 1 の幅方向側 (図 1 3 の矢印 B 1 側) から見た図であり、図 1 3 は、超音波プローブ 8 を第 2 の交差方向側 (図 1 2 の矢印 P 2 側) から見た図である。なお、図 1 2 において、破線 S 1 及び破線 S 2 で示す範囲が、シース 7 の先端より先端側に突出する。

【 0 1 1 4 】

図 1 2 及び図 1 3 に示すように、本実施形態でも、プローブ本体部 3 1 の先端 E 9 は、被支持部 3 8 の先端 E 8 より先端側に位置する。ただし、被支持部 3 8 の先端 E 8 とプローブ本体部 3 1 の先端 E 9 との間の長手軸方向についての距離は、小さく、ある実施例では 0 . 6 m m 程度である。

20

【 0 1 1 5 】

本実施形態では、プローブ本体部 3 1 の先端側には、テーパ部 (断面積減少部) 4 1 が連続している。テーパ部 (第 3 のホーン部) 4 1 では、長手軸 C に垂直な断面積が先端側に向かって減少する。テーパ部 4 1 の基端は、プローブ本体部 3 1 の先端 E 9 と連続している。したがって、プローブ本体部 3 1 の先端 E 9 は、プローブ本体部 3 1 とテーパ部 4 1 との間の境界位置となる。超音波プローブ 8 は、長手軸方向について先端からテーパ部 4 1 の基端 (E 9) まで長手寸法 L 1 1 を有する。ある実施例では、長手寸法 L 1 1 は、 3 2 . 5 m m であることが好ましい。

30

【 0 1 1 6 】

テーパ部 4 1 は、第 1 の交差方向側 (図 1 2 の矢印 P 1 側) を向く第 1 の絞り外表面 5 1 を備える。テーパ部 4 1 では、長手軸方向について基端 (E 9) と第 1 の絞り終了位置 (第 1 の距離減少終了位置) E 1 0 との間で、長手軸 C から第 1 の絞り外表面 5 1 までの第 1 の交差方向への距離 (第 1 の距離) が、基端側から先端側に向かうにつれて減少する。第 1 の絞り終了位置 E 1 0 は、テーパ部 4 1 の基端 (E 9) より先端側に位置している。このため、テーパ部 4 1 は、長手軸方向について基端 (E 9) と第 1 の絞り終了位置 E 1 0 との間に、第 1 の絞り寸法 (第 1 の距離減少寸法) L 1 2 を有する。ある実施例では、第 1 の絞り寸法 L 1 2 は、 1 8 m m が好ましい。本実施形態では、テーパ部 4 1 の基端 (E 9) が、第 1 の絞り外表面 5 1 の基端となり、第 1 の絞り終了位置 E 1 0 が、第 1 の絞り外表面 5 1 の先端となる。

40

【 0 1 1 7 】

また、テーパ部 4 1 は、第 2 の交差方向側を向く第 2 の絞り外表面 5 2 を備える。テーパ部 4 1 では、長手軸方向について基端 (E 9) と第 2 の絞り終了位置 (第 2 の距離減少終了位置) E 1 1 との間で、長手軸 C から第 2 の絞り外表面 5 2 までの第 2 の交差方向への距離 (第 2 の距離) が、基端側から先端側に向かうにつれて減少する。第 2 の絞り終了位置 E 1 1 は、第 1 の絞り終了位置 E 1 0 より先端側に位置している。このため、テーパ部 4 1 は、長手軸方向について基端 (E 9) と第 2 の絞り終了位置 E 1 1 との間に、

50

第1の絞り寸法 L_{12} より大きい第2の絞り寸法(第2の距離減少寸法) L_{13} を有する。ある実施例では、第2の絞り寸法 L_{13} は、23mmであることが好ましい。本実施形態では、テーパ部41の基端(E9)が、第2の絞り外表面52の基端となり、第2の絞り終了位置E11が、第2の絞り外表面52の先端となる。このため、テーパ部41では、第1の絞り外表面51の先端(第1の絞り終了位置E10)が、第2の絞り外表面52の先端(第2の絞り終了位置E11)に比べて、基端側に位置し、長手軸方向について第2の絞り外表面52の先端から離間する。

【0118】

前述のような構成であるため、テーパ部41では、長手軸方向について基端(E9)と第2の絞り終了位置E11との間において、第1の交差方向及び第2の交差方向について
10
の超音波プローブ8の厚さ(寸法) T が、先端側に向かって減少する。したがって、テーパ部41の基端(E9)は、厚さ減少開始位置となり、第2の絞り終了位置E11は、厚さ減少終了位置となる。また、第1の幅方向(幅方向の一方側)からの投影において、第1の絞り外表面51の長手軸方向に対する絞り角(鋭角)である第1の絞り角 θ_1 は、第2の絞り外表面52の長手軸方向に対する絞り角(鋭角)である第2の絞り角 θ_2 より大きく、第2の絞り角 θ_2 とは異なる。

【0119】

また、テーパ部41は、第1の幅方向を向く第3の絞り外表面53、及び、第2の幅方向(図13の矢印B2側)を向く第4の絞り外表面54を備える。テーパ部41では、長手軸方向について幅減少開始位置E12と幅減少終了位置E13との間において、長手軸
20
Cから第3の絞り外表面53までの第1の幅方向への距離、及び、長手軸Cから第4の絞り外表面54までの第2の幅方向への距離が、基端側から先端側に向かうにつれて減少する。このため、テーパ部41では、長手軸方向について幅減少開始位置E12と幅減少終了位置E13との間において、第1の幅方向及び第2の幅方向についての超音波プローブ8の幅(寸法) W が、先端側に向かって減少する。超音波プローブ8は、長手軸方向について先端から幅減少開始位置E12まで長手寸法 L_{14} を有する。長手寸法 L_{14} は、長手軸方向について超音波プローブ8の先端からテーパ部41の基端(E9)までの長手寸法 L_{11} より小さい。したがって、幅減少開始位置E12は、テーパ部41の基端(E9)より先端側に位置している。ただし、テーパ部41の基端(E9)と幅減少開始位置E12との間の長手軸方向についての距離は、小さい。ある実施例では、長手寸法 L_{14} は
30
、32mmであることが好ましい。そして、この実施例では、テーパ部41の基端(E9)と幅減少開始位置E12との間の長手軸方向についての距離は、0.5mm程度となる。本実施形態では、幅減少開始位置E12が、第3の絞り外表面53及び第4の絞り外表面54の基端となり、幅減少終了位置E13が、第3の絞り外表面53及び第4の絞り外表面54の先端となる。

【0120】

超音波プローブ8は、長手軸方向について先端から幅減少終了位置E13まで長手寸法
40
 L_{15} を有する。本実施形態では、幅減少終了位置E13は、第2の絞り終了位置E11より先端側に位置している。そして、幅減少終了位置E13が、テーパ部41の先端となる。ただし、第2の絞り終了位置(第2の絞り外表面52の先端)E11と幅減少終了位置E13との間の長手軸方向についての距離は、小さい。ある実施例では、長手寸法 L_{15} は、9mmであることが好ましい。そして、この実施例では、第2の絞り終了位置E11と幅減少終了位置E13との間の長手軸方向についての距離は、0.5mm程度となる。

【0121】

長手軸方向についてテーパ部41の基端(E9)と第1の絞り終了位置E10との間では、長手軸Cから第1の絞り外表面51(超音波プローブ8の外周面)までの第1の交差方向(第1の垂直方向)への距離(第1の距離) D_1 が、距離 D_1 まで減少する。したがって、第1の絞り終了位置(第1の絞り外表面51の先端)E10では、超音波プローブ8は、長手軸Cから第1の絞り外表面51までの第1の交差方向への距離(第1の距離)
50

1を有する。距離 1は、プローブ本体部31の先端E9での外径D6の2分の1値より小さくなる。ある実施例では、距離 1は、0.45mm以上0.5mm以下となる。

【0122】

長手軸方向についてテーパ部41の基端(E9)と第2の絞り終了位置E11との間では、第1の交差方向及び第2の交差方向についての超音波プローブ8の厚さ(寸法)Tが、厚さT1まで減少する。したがって、第2の絞り終了位置(第2の絞り外表面52の先端)E11では、超音波プローブ8は、第1の交差方向(第1の垂直方向)及び第2の交差方向(第2の垂直方向)について厚さT1を有する。厚さT1は、プローブ本体部31の先端E9での外径D6より小さくなる。ある実施例では、厚さT1は、1.65mmであることが好ましい。

10

【0123】

長手軸方向について幅減少開始位置E12と幅減少終了位置E13の間では、第1の幅方向及び第2の幅方向についての超音波プローブ8の幅(寸法)Wが、幅寸法W1まで減少する。したがって、幅減少終了位置(第3の絞り外表面53及び第4の絞り外表面54の先端)E13では、超音波プローブ8は、第1の幅方向及び第2の幅方向について幅寸法W1を有する。幅寸法W1は、プローブ本体部31の先端E9での外径D6より小さくなる。ある実施例では、幅寸法W1は、2.8mmであることが好ましい。

【0124】

前述のようにテーパ部41が構成されるため、テーパ部41では、先端側に向かうにつれて、長手軸Cに垂直な断面積が減少する。振動体ユニット20が規定の周波数範囲(例えば46kHz以上48kHz以下)で縦振動する状態では、縦振動の振動節の1つである振動節(最先端振動節)N3が被支持部38に位置し、テーパ部41の基端(E9)の近傍に位置している。そして、振動体ユニット20が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、長手軸方向について縦振動のいずれの振動腹もテーパ部41から離れて位置している。このため、先端側に向かって断面積が減少するテーパ部41では、縦振動(超音波振動)の振幅が拡大される。ある実施例では、テーパ部41での振幅が80µmの縦振動が伝達された場合に、超音波プローブ8の先端での縦振動の振幅が140µm以上150µm以下になる。

20

【0125】

また、本実施形態では、テーパ部41の基端(E9)から先端(E13)までの長手軸方向についてのテーパ寸法が、振動体ユニット20が規定の周波数範囲で縦振動する状態での8分の1波長($\lambda/8$)より大きくなる。すなわち、振動体ユニット20が規定の周波数範囲で縦振動する状態での8分の1波長($\lambda/8$)は、テーパ部41の基端(E9)から先端(E13)までの長手軸方向についてのテーパ寸法より、小さい。ある実施例では、振動体ユニット20が46kHz以上48kHz以下(規定の周波数範囲)で縦振動する状態において、振動節(最先端振動節)N3から振動腹(最先端振動腹)A2までの4分の1波長($\lambda/4$)が34mm以上35mm以下となる。これに対し、この実施例では、テーパ部41の基端(E9)から先端(E13)までの長手軸方向についてのテーパ寸法が23.5mm程度となり、振動体ユニット20が46kHz以上48kHz以下(規定の周波数範囲)で縦振動する状態での8分の1波長より大きくなる。また、テーパ部41では、長手軸方向について基端(E9)と第1の絞り終了位置E10との間の第1の絞り寸法L12も、18mmが好ましい。したがって、第1の絞り寸法L12(すなわち、第1の絞り外表面51の長手軸方向についての寸法)も、振動体ユニット20が46kHz以上48kHz以下(規定の周波数範囲)で縦振動する状態での8分の1波長より大きくなる。なお、第1の絞り終了位置E10は、テーパ部41の外周面(絞り外表面51~54)において絞りが終了する位置(例えばE10, E11, E13)の中で、最も基端側に位置している。

30

40

【0126】

超音波プローブ8では、テーパ部41(及びプローブ本体部31)より先端側に湾曲延設部40が設けられている。湾曲延設部40は、プローブ本体部31及びテーパ部41(

50

すなわち、長手軸 C) に対して第 1 の交差方向側に湾曲する状態で、延設されている。湾曲延設部 4 0 は、第 1 の交差方向側 (湾曲延設部 4 0 が湾曲する側) を向く第 1 の湾曲外表面 5 5 と、第 2 の交差方向側 (湾曲延設部 4 0 が湾曲する側とは反対側) を向く第 2 の湾曲外表面 5 6 と、を備える。また、湾曲延設部 4 0 は、第 1 の幅方向側を向く第 3 の湾曲外表面 5 7 と、第 2 の幅方向側を向く第 4 の湾曲外表面 5 8 と、を備える。なお、プローブ本体部 3 1 からテーパ部 4 1 を通して湾曲延設部 4 0 に超音波振動が伝達されることにより、湾曲延設部 4 0 は、プローブ本体部 3 1 及びテーパ部 4 1 と一緒に規定の周波数範囲で縦振動する。

【 0 1 2 7 】

第 1 の幅方向 (幅方向の一方側) からの投影において、湾曲延設部 4 0 の第 1 の湾曲外表面 5 5 では、第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 より先端側の部位が、長手軸方向 (プローブ本体部 3 1) に対して第 1 の交差方向側に湾曲する。また、第 1 の幅方向からの投影において、湾曲延設部 4 0 の第 2 の湾曲外表面 5 6 では、第 2 の湾曲開始位置 E 1 5 より先端側の部位が、長手軸方向に対して第 1 の交差方向側に湾曲する。すなわち、第 1 の湾曲外表面 5 5 は、第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 で長手軸 C に対して第 1 の交差方向側への湾曲を開始し、第 2 の湾曲外表面 5 6 は、第 2 の湾曲開始位置 E 1 5 で長手軸 C に対して第 1 の交差方向側への湾曲を開始する。本実施形態では、第 2 の湾曲開始位置 (第 2 の湾曲外表面 5 6 の基端) E 1 5 が、第 1 の湾曲開始位置 (第 1 の湾曲外表面 5 5 の基端) E 1 4 より、先端側に位置し、長手軸方向について第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 から離間して位置している。ただし、本実施形態では、第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 と第 2 の湾曲開始位置 E 1 5 との間の長手軸方向についての距離は、小さく、ある実施例では 0 . 3 mm 程度となる。また、本実施形態とは異なるある変形例では、湾曲延設部 4 0 において、第 1 の湾曲開始位置 (第 1 の湾曲外表面 5 5 の基端) E 1 4 が、第 2 の湾曲開始位置 (第 2 の湾曲外表面 5 6 の基端) E 1 5 に対して、先端側に位置してもよい。

【 0 1 2 8 】

湾曲延設部 4 0 は、第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 を基端 (湾曲基端) として先端側へ向かって延設されている。超音波プローブ 8 は、長手軸方向について先端から湾曲延設部 4 0 の基端 (E 1 4) まで長手寸法 L 1 6 を有する。長手寸法 L 1 6 は、長手軸方向について超音波プローブ 8 の先端から幅減少終了位置 E 1 3 まで長手寸法 L 1 5 より小さい。このため、湾曲延設部 4 0 の基端 (E 1 4) は、幅減少終了位置 E 1 3 より先端側に位置している。ある実施例では、長手寸法 L 1 6 は、8 . 4 mm 以上 8 . 5 mm 以下となる。

【 0 1 2 9 】

また、超音波プローブ 8 では、長手軸方向についてテーパ部 4 1 と湾曲延設部 4 0 との間に中継延設部 4 3 が連続している。中継延設部 4 3 は、幅減少終了位置 E 1 3 (テーパ部 4 1 の先端) から第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 (湾曲延設部 4 0 の基端) まで延設されている。ここで、幅減少終了位置 E 1 3 と湾曲延設部 4 0 の基端 (E 1 4) との間の長手軸方向についての距離は、小さい。このため、中継延設部 4 3 の長手軸方向についての寸法は小さくなる。ある実施例では、中継延設部 4 3 の長手軸方向についての寸法は、0 . 5 mm 程度となる。

【 0 1 3 0 】

長手軸方向について第 1 の絞り外表面 5 1 と第 1 の湾曲外表面 5 5 との間には、第 1 の交差方向を向く第 1 の軸平行外表面 6 1 が連続している。第 1 の軸平行外表面 6 1 は、第 1 の絞り終了位置 E 1 0 と第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 との間で、長手軸 C に平行 (略平行) に延設されている。したがって、第 1 の絞り終了位置 E 1 0 が第 1 の軸平行外表面 6 1 の基端となり、第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 が第 1 の軸平行外表面 6 1 の先端となる。そして、第 1 の軸平行外表面 6 1 は、長手軸方向について延設寸法 (第 1 の延設寸法) L 1 9 を有する。第 1 の軸平行外表面 6 1 では、第 1 の絞り終了位置 E 1 0 から第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 まで、長手軸 C からの第 1 の交差方向への距離 が、距離 1 で略一定に保たれる。

【 0 1 3 1 】

また、長手軸方向について第2の絞り外表面52と第2の湾曲外表面56との間には、第2の交差方向を向く第2の軸平行外表面62が連続している。第2の軸平行外表面62は、第2の絞り終了位置E11と第2の湾曲開始位置E15との間で、長手軸Cに平行(略平行)に延設されている。したがって、第2の絞り終了位置E11が第2の軸平行外表面62の基端となり、第2の湾曲開始位置E15が第2の軸平行外表面62の先端となる。そして、第2の軸平行外表面62は、長手軸方向について延設寸法(第2の延設寸法)L20を有する。第1の軸平行外表面61の延設寸法L19は、第2の軸平行外表面62の延設寸法L20に比べて、大きい。第2の軸平行外表面62では、第2の絞り終了位置E11から第2の湾曲開始位置E15まで、長手軸Cからの第2の交差方向への距離が、略一定に保たれる。

10

【0132】

前述のような構成であるため、長手軸方向について第2の絞り終了位置E11と第1の湾曲開始位置(湾曲延設部40の基端)E14の間では、第1の交差方向及び第2の交差方向についての超音波プローブ8の厚さTが、厚さT1で略一定に保たれる。また、長手軸方向について幅減少終了位置E13と超音波プローブ8の先端の間では、第1の幅方向及び第2の幅方向についての超音波プローブ8の幅Wが、幅寸法W1で略一定に保たれる。したがって、幅減少終了位置E13から第1の湾曲開始位置(湾曲延設部40の基端)E14まで延設される中継延設部43では、長手軸方向について全長に渡って、幅寸法W1で略一定になるとともに、厚さT1で略一定になる。そして、中継延設部43では、長手軸方向について全長に渡って、長手軸Cに垂直な断面積が略一定となる。

20

【0133】

ここで、長手軸Cを通り、かつ、第1の交差方向及び第2の交差方向に対して垂直な(略垂直な)基準面(第1の基準面)Y1を規定する。中継延設部43では、長手軸Cから第1の軸平行外表面61(超音波プローブ8の外周面)までの第1の交差方向への距離(第1の距離)1は、第1の交差方向及び第2の交差方向についての超音波プローブ8の厚さT1の2分の1値より、小さくなる。このため、テーパ部41及び中継延設部43では、超音波プローブ8は、基準面Y1を中央面として非対称となる。そして、テーパ部41及び中継延設部43では、長手軸Cに垂直な断面での断面重心が長手軸Cより第2の交差方向側にずれる。特に、第1の絞り終了位置E10と第1の湾曲開始位置E14の間では、断面重心の長手軸Cに対する第2の交差方向側へのずれが、大きくなる。また、長手軸Cを通り、かつ、第1の幅方向及び第2の幅方向に対して垂直な(略垂直な)基準面(第2の基準面)Y2を規定する。テーパ部41及び中継延設部43では、超音波プローブ8は、基準面Y2を中央面として略対称となる。

30

【0134】

湾曲延設部40は、湾曲延設部40の基端である第1の湾曲開始位置E14から先端側へ向かって延設され、プローブ本体部31及びテーパ部41に対して第1の交差方向側へ湾曲する第1の湾曲延設部42を備える。第1の幅方向(幅方向の一方側)からの投影において、第1の湾曲延設部42の外周面の第1の交差方向側を向く部位では、第1の湾曲開始位置E14での接線が長手軸方向に対して鋭角1を有する。また、第1の幅方向からの投影において、第1の湾曲延設部42の外周面の第2の交差方向側を向く部位では、第2の湾曲開始位置E15での接線が長手軸方向に対して鋭角2を有する。鋭角1及び鋭角2は、0°より大きく10°以下となる。ある実施例では、鋭角1が5°に対して、鋭角2が7.5°となり、鋭角2が鋭角1より大きくなる。

40

【0135】

湾曲延設部40では、第1の湾曲延設部42の先端側に、第2の湾曲延設部45が連続している。第2の湾曲延設部45は、第1の湾曲延設部42に対して第1の交差方向側に湾曲する状態で延設されている。第1の幅方向(幅方向の一方側)からの投影において、第2の湾曲延設部45の外周面の第1の交差方向側を向く部位は、角R1の円弧状に延設されている。また、第1の幅方向からの投影において、第2の湾曲延設部45の外周面の第2の交差方向側を向く部位は、角R2の円弧状に延設されている。

50

【 0 1 3 6 】

角 R 1 の円弧及び角 R 2 の円弧の中心 O 1 は、湾曲延設部 4 0 (超音波プローブ 8) より第 1 の交差方向側に位置している。このため、第 1 の幅方向 (第 2 の幅方向) からの投影において、第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 1 の交差方向側を向く部位では、長手軸方向に対する鋭角が先端側に向かうにつれて大きくなる。同様に、第 1 の幅方向 (第 2 の幅方向) からの投影において、第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 2 の交差方向側を向く部位では、長手軸方向に対する鋭角が先端側に向かうにつれて大きくなる。したがって、第 2 の湾曲延設部 4 5 では、長手軸方向に対する鋭角が先端側に向かうにつれて大きくなる。

【 0 1 3 7 】

第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 1 の交差方向側を向く部位では、先端での接線が、長手軸方向に対して鋭角 3 を有する。また、第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 2 の交差方向側を向く部位では、先端での接線が、長手軸方向に対して鋭角 4 を有する。すなわち、第 1 の湾曲外表面 5 5 の先端で、湾曲延設部 4 0 は、長手軸方向に対して鋭角 3 を有する。そして、第 2 の湾曲外表面 5 6 の先端で、湾曲延設部 4 0 は、長手軸方向に対して鋭角 4 を有する。ある実施例では、角 R 1 が 1.5 mm となり、鋭角 3 が 15° となる。また、角 R 2 に対応させて、鋭角 4 が規定される。例えば、角 R 2 が 12.5 mm の場合は、鋭角 4 が 25° となり、角 R 2 が 16.5 mm の場合は、鋭角 4 が 20° となる。そして、角 R 2 が 30 mm の場合は、鋭角 4 が 15° となる。ある実施例では、第 2 の湾曲外表面 5 6 (第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 2 の交差方向側を向く部位) では、先端での接線の長手軸方向に対する鋭角 4 が、10° 以上 30° 以下となり、20° 以上 25° 以下となることが好ましい。

【 0 1 3 8 】

また、超音波プローブ 8 において延設方向に垂直で (略垂直で)、かつ、幅方向に垂直な (略垂直な) 方向を厚さ方向とする。湾曲延設部 4 0 では、超音波プローブ 8 の延設方向が長手軸に対して平行でないため、湾曲延設部 4 0 では、厚さ方向は第 1 の交差方向及び第 2 の交差方向に対して平行ではない。超音波プローブ 8 は、長手軸方向について第 2 の湾曲開始位置 E 1 5 から先端まで、厚さ方向について厚さ寸法 T 2 で略一定に保たれる。すなわち、第 2 の湾曲開始位置 E 1 5 と超音波プローブ 8 の先端との間では、第 1 の湾曲外表面 5 5 と第 2 の湾曲外表面 5 6 との間の距離である厚さ寸法 T 2 が、略一定に保たれる。ある実施例では、厚さ寸法 T 2 は、1.5 mm である。したがって、第 2 の湾曲開始位置 E 1 5 から先端まで超音波プローブ 8 の厚さ寸法 T 2 が略一定になる状態に、鋭角 1 ~ 4 及び角 R 1, R 2 が決定される。

【 0 1 3 9 】

また、第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 1 の交差方向側を向く部位は、先端において長手軸 C からの第 1 の交差方向への離間距離 T 3 を有する。ある実施例では、離間距離 T 3 は、1.9 mm であることが好ましい。

【 0 1 4 0 】

第 2 の湾曲延設部 4 5 は、超音波プローブ 8 の先端を形成する先端面 4 6 を備える。第 1 の幅方向 (幅方向の一方側) からの投影において、第 1 の湾曲外表面 5 5 (第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 1 の交差方向側を向く部位) と先端面 4 6 との間は、角 R 3 の曲面状に形成されている。また、第 1 の幅方向からの投影において、第 2 の湾曲外表面 5 6 (第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 2 の交差方向側を向く部位) と先端面 4 6 との間は、角 R 4 の曲面状に形成されている。ある実施例では、角 R 3 は、0.5 mm であり、角 R 4 は、0.9 mm である。また、第 2 の交差方向 (交差方向の一方側) からの投影において、第 3 の湾曲外表面 5 7 (第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 1 の幅方向側を向く部位) と先端面 4 6 との間、及び、第 4 の湾曲外表面 5 8 (第 2 の湾曲延設部 4 5 の外周面の第 2 の幅方向側を向く部位) と先端面 4 6 との間は、角 R 5 の曲面状に形成されている。ある実施例では、角 R 5 は、1.25 mm である。

【 0 1 4 1 】

10

20

30

40

50

図14は、第2の湾曲延設部45(湾曲延設部40の先端部)を図12の矢印XIVの方向から見た図であり、厚さ方向の一方側から第2の湾曲延設部45を見た図である。また、図15は、第2の湾曲延設部45を第1の幅方向側から見た図である。そして、図16は、図12のXVI-XVI線断面図であり、第2の湾曲延設部45の延設方向に垂直な断面を示している。ここで、矢印XIVの方向は、第1の幅方向からの投影において、先端側から第2の交差方向側へ向かって鋭角 α だけ回動した方向と一致する。鋭角 α は、例えば 75° である。

【0142】

図12乃至図16に示すように、第2の湾曲延設部45には、切削面(処置面)47~49が、設けられている。第1の切削面47は、第2の湾曲外表面56(湾曲延設部40の外表面において第2の交差方向側を向く部位)に、設けられている。そして、第2の切削面48は、第3の湾曲外表面57(湾曲延設部40の外表面において第1の幅方向側を向く部位)に設けられ、第3の切削面49は、第4の湾曲外表面58(湾曲延設部40の外表面において第2の幅方向側を向く部位)に設けられている。切削面47~49のそれぞれでは、後述する複数の溝が形成されている。また、切削面47~49のそれぞれは、湾曲延設部40の先端(先端面46)から基端側へ向かって延設されている。第1の切削面47は、第2の湾曲延設部45で、かつ、第2の湾曲外表面56に設けられている。このため、第1の幅方向及び前記第2の幅方向のそれぞれからの投影において、第1の切削面47は、湾曲延設部40より第1の交差方向側に中心(O1)が位置する円弧状に形成される。

【0143】

第2の湾曲延設部45は、第1の切削面47と第1の湾曲外表面55との間に、湾曲延設部40の厚さ方向についての厚さ寸法T6を有する。第1の切削面47と第1の湾曲外表面55との間の厚さ寸法T6は、厚さ寸法T2と略同一の大きさとなる。また、第2の湾曲延設部45は、第2の切削面48(第3の湾曲外表面57)と第3の切削面49(第4の湾曲外表面58)との間に、第1の幅方向及び第2の幅方向についての幅寸法W5を有する。第2の切削面48と第3の切削面49との間の幅寸法W5は、幅寸法W1と略同一の大きさとなる。このため、第1の切削面47が延設される範囲(第2の湾曲延設部45)では、第1の切削面47と第1の湾曲外表面55との間の湾曲延設部40の厚さ方向についての厚さ寸法T6(T2)は、第3の湾曲外表面57と第4の湾曲外表面58との間での第1の幅方向及び第2の幅方向についての幅寸法W5(W1)より、小さい。

【0144】

第2の切削面48には、複数(本実施形態では5つ)の延設溝(第1の延設溝)63A~63Eが形成されている。延設溝63A~63Eのそれぞれは、湾曲延設部40の延設方向に対して略垂直に延設され、本実施形態では、湾曲延設部40の厚さ方向に沿って延設されている。また、延設溝63A~63Eは、湾曲延設部40の延設方向について並設され、延設溝63A~63Eのそれぞれは、湾曲延設部40の延設方向について隣設する延設溝(63A~63Eの対応する1つ又は2つ)との間に間隔q1を有する。また、延設溝63A~63Eの中で最も先端側に位置する最先端延設溝63Aを規定する。第2の湾曲延設部45は、湾曲延設部40の延設方向について超音波プローブ8の先端から最先端延設溝63Aまで、延設寸法L17を有する。ある実施例では、間隔q1は0.9mmであり、延設寸法L17は0.45mmである。

【0145】

また、長手軸Cを通り、かつ、第1の幅方向及び第2の幅方向に対して垂直な基準面(第2の基準面)Y2を規定すると、延設溝63A~63Eのそれぞれの底位置は、基準面Y2から第1の幅方向へ幅方向距離W2だけ離れ位置している。ある実施例では、幅方向距離W2は、1.1mmとなる。また、厚さ方向の一方側(第1の切削面47側)から見て、延設溝(第1の延設溝)63A~63Eのそれぞれは、直径 ϕ 1の円の半円部分から形成される半円状になる。ある実施例では、直径 ϕ 1は、0.5mmとなる。

【0146】

第3の切削面49には、複数（本実施形態では5つ）の延設溝（第2の延設溝）65A～65Eが形成されている。延設溝65A～65Eのそれぞれは、基準面Y2を中央面として対応する延設溝（63A～63Eの対応する1つ）と略対称となる。このため、延設溝（第1の延設溝）63A～63Eと同様に、延設溝65A～65Eのそれぞれは、湾曲延設部40の厚さ方向に沿って延設され、延設溝（第2の延設溝）65A～65Eに関連して、間隔 q_1 、延設寸法 L_{17} 、幅方向距離 W_2 及び直径 ϕ_1 が規定される。

【0147】

また、第1の切削面47は、第2の切削面48及び第3の切削面49とは溝の延設パターンが異なる。第1の切削面47には、複数（本実施形態では5つ）の傾斜溝（第1の傾斜溝）66A～66E及び複数（本実施形態では5つ）の傾斜溝（第2の傾斜溝）67A～67Eが形成されている。傾斜溝66A～66Eのそれぞれは、湾曲延設部40の延設方向に対して鋭角（第1の鋭角） θ_6 だけ傾斜する状態で延設されている。すなわち、傾斜溝（第1の傾斜溝）66A～66Eのそれぞれは、第1の切削面47側からの投影において、長手軸方向に対して傾斜する。ここで、第1の切削面47側からの投影において、傾斜溝66A～66Eのそれぞれの延設方向の一方側は、基端側から第2の幅方向側へ向かって鋭角 θ_6 だけ回動した方向と一致する。また、傾斜溝67A～67Eのそれぞれは、湾曲延設部40の延設方向に対して鋭角（第2の鋭角） θ_7 だけ傾斜する状態で延設されている。すなわち、傾斜溝（第2の傾斜溝）67A～67Eのそれぞれは、第1の切削面47側からの投影において、長手軸方向に対して傾斜溝（第1の傾斜溝）66A～66Eとは反対側に傾斜する。ここで、第1の切削面47側からの投影において、傾斜溝67A～67Eのそれぞれの延設方向の一方側は、基端側から第1の幅方向側へ向かって鋭角 θ_7 だけ回動した方向と一致する。第1の切削面47では、傾斜溝66A～66Eのそれぞれは、対応する傾斜溝（67A～67Eの対応する1つ）と交差し、編み目構造（クロスハッチ構造）を形成している。ある実施例では、鋭角（第1の鋭角） θ_6 及び鋭角（第2の鋭角） θ_7 は、 45° 以上 65° 以下であり、 60° 程度であることが好ましい。

【0148】

傾斜溝（第1の傾斜溝）66A～66Eのそれぞれは、（傾斜溝66A～66Eの延設方向に垂直な方向について）隣設する傾斜溝（66A～66Eの対応する2つ又は1つ）との間に間隔 q_2 を有する。また、傾斜溝66A～66Eの中で3番目に先端側に位置する基準傾斜溝（第1の基準傾斜溝）66Cを規定する。第2の湾曲延設部45は、湾曲延設部40の延設方向について超音波プローブ8の先端から基準傾斜溝66Cの先端位置まで、延設寸法 L_{18} を有する。ある実施例では、間隔 q_2 は 0.8mm であり、延設寸法 L_{18} は 2.25mm である。また、傾斜溝66A～66Eのそれぞれは、深さ T_4 及び幅 W_2 を有する。また、第2の切削面48側（幅方向の一方側）から視て傾斜溝66A～66Eのそれぞれの底面は、角 $\theta_2/2$ の円弧状に形成されている。ある実施例では、傾斜溝66A～66Eのそれぞれの深さ T_4 は 0.35mm となり、幅 W_2 は 0.35mm となる。

【0149】

傾斜溝（第2の傾斜溝）67A～67Eのそれぞれは、基準面Y2を中央面として対応する第1の傾斜溝（66A～66Eの対応する1つ）と略対称となる。このため、傾斜溝66A～66Eと同様に、傾斜溝67A～67Eに関連して、間隔 q_2 、延設寸法 L_{18} 、深さ T_4 及び幅 W_2 が規定される。

【0150】

また、延設溝（第1の延設溝）63A～63E及び延設溝（第2の延設溝）65A～65Eのそれぞれは、長手軸方向について、対応する傾斜溝（66A～66Eの対応する1つ）と対応する傾斜溝（67A～67Eの対応する1つ）の交差部分と位置が一致している。例えば、延設溝63C、65Cのそれぞれは、傾斜溝（第1の傾斜溝）66Cと傾斜溝（第2の傾斜溝）67Cとの交差部分と、長手軸方向についての位置が一致する。

【0151】

第2の湾曲延設部45では、延設方向に垂直な断面において、第1の湾曲外表面55（

10

20

30

40

50

外表面の第1の交差方向側を向く部位)と第2の切削面48との間、及び、第1の湾曲外表面55と第3の切削面49との間が角R6の曲面状に形成されている。また、第2の湾曲延設部45では、延設方向に垂直な断面において、第1の切削面47と第2の切削面48との間、及び、第1の切削面47と第3の切削面49との間が角R7の曲面状に形成されている。ある実施例では、角R6が0.5mmであり、角R7が0.9mmとなる。

【0152】

角R6の曲面部分は、長手軸方向について図3の範囲S1に渡って形成され、角R7の曲面部分は、長手軸方向について図3の範囲S2に渡って形成されている。すなわち、角R6の曲面部分及び角R7の曲面部分は、長手軸方向について超音波プローブ8の先端からテーパ部41まで延設され、超音波プローブ8においてシース7の先端からの突出部分(露出部分)に、角R6の曲面部分及び角R7の曲面部分が形成されている。このため、テーパ部41の一部及び湾曲延設部40では、延設方向に垂直な断面において、外表面の第1の交差方向側を向く部位と外表面の第1の幅方向側を向く部位との間、及び、外表面の第1の交差方向側を向く部位と外表面の第2の幅方向側を向く部位との間が、角R6の曲面状に形成される。そして、テーパ部41の一部及び湾曲延設部40では、延設方向に垂直な断面において、外表面の第2の交差方向側を向く部位と外表面の第1の幅方向側を向く部位との間、及び、外表面の第2の交差方向側を向く部位と外表面の第2の幅方向側を向く部位との間が、角R7の曲面状に形成される。

【0153】

次に、本実施形態の超音波プローブ8の作用及び効果について説明する。図17及び図18は、超音波処置システム1を用いて肩関節300において骨を切削している状態を示す図である。図17は、肩関節300を前方側(胸側)から見た図であり、図18は、肩関節300を後方側(背中側)から見た図である。図17及び図18に示すように、肩関節300は、上腕骨301と肩甲骨302との間の関節である。肩甲骨302は、肩峰303を備える。肩峰303には、鎖骨305が連結される。肩甲骨302からは、肩甲下筋306、棘上筋307、棘下筋308及び小円筋309が起始する。肩峰303の下側には、肩甲下筋306、棘上筋307、棘下筋308及び小円筋309の腱として回旋筋腱板311が形成されている。回旋筋腱板311から上腕骨301が延設されている。また、肩峰303の下面312と回旋筋腱板311の間には、腔313が形成されている。

【0154】

本実施形態では、肩峰303と回旋筋腱板311との間の腔313に硬性鏡(関節鏡)315の先端部及び超音波プローブ8の先端部を挿入する。硬性鏡315及び超音波プローブ8のそれぞれは、人体の外から腔313へ、前方側の挿入箇所、側方側の挿入箇所及び後方側の挿入箇所のいずれかを通して挿入される。ただし、硬性鏡315の挿入箇所は、超音波プローブ8の挿入箇所とは異なる。図17及び図18では、前方側の挿入箇所から硬性鏡315が腔313に挿入され、側方側の挿入箇所から超音波プローブ8が腔313に挿入される。そして、硬性鏡315による観察下で腔313において超音波プローブ8の切削面47~49のいずれかを肩峰303の下面312に接触させる。切削面47~49のいずれかが肩峰303の下面312に接触する状態において切削面47~49に超音波振動が伝達されることにより、肩峰303の下面312において骨棘(骨)の切削が行われる。なお、肩峰303の下面312においての骨棘の切削は、第2の湾曲延設部45を液体(生理食塩水)に浸した状態で行われる。

【0155】

図19及び図20は、超音波プローブ8の第2の湾曲延設部45の第1の切削面47が肩峰303の下面312に接触している状態を示す図である。図20では、肩峰303の下面312において図19とは異なる位置で第1の切削面47を接触させている。ここで、超音波プローブ8では、長手軸Cに沿って延設されるプローブ本体部31に対して第1の湾曲延設部42が第1の垂直方向側に湾曲し、第2の湾曲延設部45が第1の湾曲延設部42に対してさらに第1の垂直方向側に湾曲している。そして、第2の湾曲延設部45

では、長手軸方向に対する鋭角が先端側に向かうにつれて大きくなり、第2の湾曲延設部45で、かつ、第2の湾曲外表面56に、第1の切削面47が設けられる。このため、本実施形態では、第1の幅方向及び前記第2の幅方向のそれぞれからの投影において、第1の切削面47は、湾曲延設部40より第1の交差方向側に中心(01)が位置する円弧状に形成される。肩峰303と回旋筋腱板311との間の腔313は狭く、肩峰303の下面312は曲面状に形成されている。前述のように第1の湾曲延設部42及び第2の湾曲延設部45を形成することにより、曲面状に形成される肩峰303の下面312にも、適切に第1の切削面47を接触させることができる。

【0156】

例えば、図19及び図20では、肩峰303の下面312において第1の切削面47と接触する位置が互いに対して異なるため、肩峰303の下面312に対する第1の切削面47の接触角が異なる。本実施形態では、前述のように第1の湾曲延設部42及び第2の湾曲延設部45が形成されるため、肩峰303の下面312に対する第1の切削面47の接触角が変化しても、第1の切削面47を適切に肩峰303の下面312に接触させることが可能となる。例えば、図10及び図11のいずれにおいても、第1の切削面47が肩峰303の下面312に適切に接触する。すなわち、肩峰303の下面312のいかなる位置においても(すなわち、肩峰303の下面312に対する第1の切削面47の接触角がいかなる角度であっても)、第1の切削面47を適切に肩峰303の下面312に接触させることができる。

【0157】

また、本実施形態では、第1の切削面47は、湾曲延設部40の第2の湾曲外表面56に設けられ、第2の湾曲外表面56(湾曲延設部40の外周面の第2の交差方向側を向く部位)では、先端での接線の長手軸方向に対する鋭角4が、10°以上30°以下(好ましくは20°以上25°以下)となる。鋭角4を10°以上30°以下(特に20°以上25°以下)にすることにより、第1の切削面47が肩峰303の下面312に対応する形状となり、肩峰303の下面312のいかなる位置においても、第1の切削面47をさらに容易かつ適切に肩峰303の下面312に接触させることができる。

【0158】

また、第1の切削面47では、傾斜溝(第1の傾斜溝)66A~66Eのそれぞれが対応する第2の傾斜溝(67A~67Eの対応する1つ)と交差し、編み目構造が形成されている。第1の切削面47に編み目構造が形成されるため、第1の切削面47を接触させた状態で第2の湾曲延設部45が超音波振動によって縦振動することにより、適切に骨(骨棘)が切削される。すなわち、硬い骨を適切に切削することができる。また、本実施形態では、超音波プローブ8の延設方向(すなわち、縦振動による振動方向)に対する傾斜溝(第1の傾斜溝)66A~66Eのそれぞれの鋭角6、及び、超音波プローブ8の延設方向(すなわち、縦振動による振動方向)に対する傾斜溝(第2の傾斜溝)67A~67Fのそれぞれの鋭角7が45°以上65°以下になる。鋭角6、7のそれぞれが前述の範囲になることにより、超音波振動を用いて第1の切削面47で肩峰303の下面112を切削する際に、骨の切削性が向上する。

【0159】

本実施形態では、第2の切削面48又は第3の切削面49を肩峰303の下面312に接触させて骨を切削してもよい。また、第1の切削面47を肩峰303の下面312に接触させて骨(骨棘)を切削する際には、第1の切削面47によって切削される箇所近傍において、第2の切削面48及び第3の切削面49によって、骨が切削される。切削面48、49によって骨が切削されることにより、第1の切削面47によって切削された箇所のみが凹むことが防止され、肩峰303の下面312において段差が形成されることが防止される。

【0160】

また、第2の切削面48の延設溝63A~63E及び第3の切削面49の延設溝65A~65Eは、超音波プローブ8の延設方向(すなわち、縦振動による振動方向)に対して

10

20

30

40

50

略垂直に（湾曲延設部 40 の厚さ方向に沿って）延設されている。縦振動による振動方向に対して略垂直に延設溝（第 1 の延設溝）63A～63E が延設されるため、超音波振動を用いて第 2 の切削面 48 で切削する際に、骨の切削性が向上する。同様に、縦振動による振動方向に対して略垂直に延設溝（第 2 の延設溝）65A～65E が延設されるため、超音波振動を用いて第 3 の切削面 49 で切削する際に、骨の切削性が向上する。

【0161】

また、延設溝（第 1 の延設溝）63A～63E 及び延設溝（第 2 の延設溝）65A～65E のそれぞれは、長手軸方向について、対応する傾斜溝（66A～66E の対応する 1 つ）と対応する傾斜溝（67A～67E の対応する 1 つ）の交差部分と位置が一致している。延設溝 63A～63E、65A～65E 及び傾斜溝 66A～66E、67A～67E が前述のように配置されることにより、切削面 47～49 で骨を切削する際に、骨がムラなく均一に切削され、切削性がさらに向上する。

10

【0162】

また、本実施形態では、第 1 の絞り外表面 51 の先端（第 1 の絞り終了位置 E10）が、第 2 の絞り外表面 52 の先端（第 2 の絞り終了位置 E11）に比べて、基端側に位置し、第 1 の軸平行外表面 61 の延設寸法 L19 は、第 2 の軸平行外表面 62 の延設寸法 L20 に比べて、大きい。このため、第 1 の切削面 47 を肩峰 303 の下面 312 に接触可能な位置まで移動させる際に、湾曲延設部 40、テーパ部 41 及び中継延設部 43 において外表面の第 1 の交差方向側を向く部位（背面側の部位）が、処置対象（肩峰 303 の下面）以外の生体組織等に接触し難くなる。したがって、第 1 の切削面 47 を肩峰 303 の下面 312 に接触可能な位置まで、移動させ易くなる。

20

【0163】

また、本実施形態では、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、最も先端側の振動節 N3 より先端側にテーパ部 41 が位置し、テーパ部 41 で縦振動の振幅 V が拡大される。例えば、振動腹での振幅が 80 μm の縦振動が、テーパ部 41 によって、振動腹での振幅が 140 μm 以上 150 μm 以下の縦振動に拡大される。また、超音波振動による応力は、振動節及び超音波振動の伝達方向に垂直な断面積が減少する部分で大きくなり、振動腹でゼロとなる。したがって、本実施形態では、振動節 N3 からテーパ部 41 の先端（E13）との間において、応力が大きくなる（図 7 参照）。

【0164】

ここで、本実施形態では、テーパ部 41 の基端（E9）から先端（E13）までの長手軸方向についての寸法が、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態での 8 分の 1 波長（ $\lambda/8$ ）より大きくなる。そして、テーパ部 41 では、長手軸方向について基端（E9）と第 1 の絞り終了位置 E10 との間の第 1 の絞り寸法 L12 も振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態での 8 分の 1 波長より大きくなる。テーパ部 41 の基端（E9）から先端（E13）までの長手軸方向についての寸法が大きくなることにより、振動節 N3 からテーパ部 41 の先端（E13）との間の全長に渡って、超音波振動による応力が略均一に保たれる。すなわち、振動節 N3 からテーパ部 41 の先端（E13）との間において、応力が局所的に大きくなる（すなわち、ピークが発生することが）、有効に防止される。例えば、ある実施例では、振動腹での振幅が大きくなる（例えば 80 μm の）縦振動がテーパ部 41 の基端（E9）に伝達されても、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲（例えば 46 kHz 以上 48 kHz 以下）で縦振動する状態では、振動節 N3 からテーパ部 41 の先端（E13）との間において応力が 300 Mpa 程度で略均一に保たれる。すなわち、本実施形態では、振動節 N3 からテーパ部 41 の先端（E13）との間において、（例えば、テーパ部 41 の先端（E13）で、）応力が局所的に 700 Mpa 程度まで大きくなる（すなわち、）応力が局所的に大きくなる（すなわち、）ことが防止されるため、超音波振動による超音波プローブ 8 の破損を有効に防止することができる。

30

40

【0165】

また、本実施形態では、テーパ部 41 及び中継延設部 43 において、長手軸 C に垂直な

50

断面での断面重心が長手軸Cより第2の垂直方向側にずれる。特に、第1の絞り終了位置E10と第1の湾曲開始位置(湾曲基端)E14との間では、断面重心の長手軸Cに対する第2の交差方向側へのずれが、大きくなる。このため、本実施形態では、湾曲延設部40の長手軸方向に対する湾曲に起因する第1の交差方向側への重心のずれが、テーパ部41及び中継延設部43に起因する第2の交差方向側への重心のずれによって、打消される。これにより、超音波プローブ8が超音波振動を先端側に伝達している状態において、縦振動以外の不正振動(横振動、ねじれ振動)の発生を低減させることができる。

【0166】

本実施形態では、第1の幅方向(幅方向の一方側)からの投影において、第1の湾曲外表面55と先端面46との間は、角R3の曲面状に形成されている。また、第1の幅方向からの投影において、第2の湾曲外表面56と先端面46との間は、角R4の曲面状に形成されている。そして、第2の交差方向(交差方向の一方側)からの投影において、第3の湾曲外表面57と先端面46との間、及び、第4の湾曲外表面58と先端面46との間は、角R5の曲面状に形成されている。これにより、超音波プローブ8の先端面46では、超音波プローブ8の延設方向(すなわち、縦振動の振動方向)に対して垂直な表面(外表面)の割合が小さくなる。縦振動の振動方向に対して垂直な表面の割合が小さくなることにより、第2の湾曲延設部45を液体(生理食塩水)に浸した状態で超音波プローブ8を縦振動させても、先端面46の近傍でのキャビテーションの発生が低減される。キャビテーションの発生が低減されることにより、処置における術者の視認性が向上する。

【0167】

また、超音波プローブ8においてシース7の先端からの突出部分(露出部分)では、延設方向に垂直な断面において、外表面の第1の交差方向側を向く部位と外表面の第1の幅方向側を向く部位との間、及び、外表面の第1の交差方向側を向く部位と外表面の第2の幅方向側を向く部位との間が、角R6の曲面状に形成される。そして、超音波プローブ8においてシース7の先端からの突出部分(露出部分)では、延設方向に垂直な断面において、外表面の第2の交差方向側を向く部位と外表面の第1の幅方向側を向く部位との間、及び、外表面の第2の交差方向側を向く部位と外表面の第2の幅方向側を向く部位との間が、角R7の曲面状に形成される。このため、テーパ部41、中継延設部43及び湾曲延設部40の外周面において、角が形成されない。したがって、超音波プローブ8においてシース7の先端からの突出部分(露出部分)が処置対象以外の生体組織等に接触しても、生体組織の損傷を有効に防止することができる。

【0168】

(第4の実施形態)

次に、本発明の第4の実施形態について、図21乃至図24を参照して説明する。第4の実施形態は、第3の実施形態の構成を次の通り変形したものである。なお、第3の実施形態と同一の部分については同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0169】

本実施形態でも、第3の実施形態と同様に、超音波プローブ8は、プローブ本体部31、テーパ部41及び湾曲延設部40(第1の湾曲延設部42及び第2の湾曲延設部45)を備える。そして、プローブ本体部31は、第1の実施形態と同様に、ホーン部35、ホーン部36、断面積増加部37及び被支持部38を備える。ある実施例では、超音波プローブ8の全長L1は、183.4mmであることが好ましい。また、ある実施例では、長手軸方向について超音波プローブ8の先端から当接面33(プローブ本体部31の基端)まで長手寸法L2は、177.5mmであることが好ましい。

【0170】

また、本実施形態のある実施例では、長手軸方向について当接面33からホーン部35の基端(振動入力端)E1までの長手寸法L3は、29mmであることが好ましい。また、ホーン部(第1のホーン部)35の長手軸方向について基端(振動入力端)E1から先端(振動出力端)E2までのホーン長手寸法(第1のホーン長手寸法)L4は、20mmであることが好ましい。本実施形態でも、ホーン部35では、外径D1から外径D2まで

10

20

30

40

50

プローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって減少する。ある実施例では、外径 D 1 は、7 mm が好ましい。そして、外径 D 2 は、3 . 8 mm が好ましい。

【 0 1 7 1 】

また、本実施形態のある実施例では、長手軸方向について当接面 3 3 からホーン部 3 6 の基端（振動入力端）E 3 までの長手寸法 L 5 は、8 8 . 1 mm であることが好ましい。そして、ホーン部（第 2 のホーン部）3 6 の長手軸方向について基端（振動入力端）E 3 から先端（振動出力端）E 4 までのホーン長手寸法（第 2 のホーン長手寸法）L 6 は、1 4 mm であることが好ましい。本実施形態でも、ホーン部 3 6 では、外径 D 2 から外径 D 3 までプローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって減少する。ある実施例では、外径 D 3 は、2 . 7 mm であることが好ましい。

10

【 0 1 7 2 】

本実施形態のある実施例では、長手軸方向について当接面 3 3 から断面積増加部 3 7 の先端（振動出力端）E 6 までの長手寸法 L 7 は、1 1 6 . 7 mm であることが好ましい。また、断面積増加部 3 7 の長手軸方向について基端（振動入力端）E 5 から先端（振動出力端）E 6 まで延設寸法 L 8 は、小さくなる。本実施形態でも、断面積増加部 3 7 では、外径 D 3 から外径 D 4 までプローブ本体部 3 1 の外径が先端側に向かって増加する。ある実施例では、外径 D 4 は、ホーン部 3 6 の基端 E 3 での外径 D 2 と略同一になり、外径 D 4 は、3 . 8 mm が好ましい。

【 0 1 7 3 】

本実施形態のある実施例では、長手軸方向について断面積増加部 3 7 の先端 E 6 から被支持部 3 8 の基端 E 7 までの長手寸法 L 9 は、2 4 . 1 mm であることが好ましい。また、被支持部 3 8 は、長手軸方向について基端 E 7 から先端 E 8 まで延設寸法 L 1 0 は、3 mm となる。そして、被支持部 3 8 では、基端部において外径が外径 D 4 から外径 D 5 に減少し、先端部において外径が外径 D 5 から外径 D 6 に増加する。ある実施例では、外径 D 5 は、外径 D 4 に比べて僅かに（0 . 4 mm 程度）小さい。そして、外径 D 6 は、外径 D 4 と略同一であり、3 . 8 mm が好ましい。

20

【 0 1 7 4 】

また、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲（4 6 k H z 以上 4 8 k H z 以下）で縦振動する状態では、振動節 N 1 がホーン部 3 5 の基端 E 1 又は基端 E 1 の近傍に位置し、振動節 N 2 がホーン部 3 6 の基端 E 3 又は基端 E 3 の近傍に位置する。また、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、振動腹 A 3 が断面積増加部 3 7 に位置し、振動腹（最先端振動腹）A 2 が超音波プローブ 8 の先端に位置する。そして、振動体ユニット 2 0 が規定の周波数範囲で縦振動する状態では、縦振動の振動節の 1 つである振動節（最先端振動節）N 3 が被支持部 3 8 に位置している。前述のような構成にすることにより、本実施形態のある実施例においても、プローブ本体部 3 1 の基端（当接面 3 3 ）に振動腹での振幅が 1 8 μ m の縦振動が伝達された場合に、プローブ本体部 3 1 の先端 E 9 において、振動腹での振幅が 8 0 μ m の縦振動になる。

30

【 0 1 7 5 】

図 2 1 及び図 2 2 は、超音波プローブ 8 の先端部の構成を示す図である。図 2 1 は、超音波プローブ 8 を第 1 の幅方向側から見た図であり、図 2 2 は、超音波プローブ 8 を第 2 の交差方向側から見た図である。なお、図 2 1 において、破線 S 1 及び破線 S 2 で示す範囲が、シース 7 の先端より先端側に突出する。

40

【 0 1 7 6 】

図 2 1 及び図 2 2 に示すように、本実施形態でも、プローブ本体部 3 1 の先端 E 9 は、被支持部 3 8 の先端 E 8 より先端側に位置する。そして、ある実施例では、被支持部 3 8 の先端 E 8 とプローブ本体部 3 1 の先端との間の長手軸方向についての距離は、1 . 2 mm 程度である。また、プローブ本体部 3 1 の先端 E 9 は、テーパ部 4 1 の基端と連続している。本実施形態のある実施例では、長手軸方向について超音波プローブ 8 の先端からテーパ部 4 1 の基端（E 9 ）までの長手寸法 L 1 1 は、3 2 . 5 mm であることが好ましい。

50

【0177】

本実施形態でも、テーパ部41は、第1の交差方向側を向く第1の絞り外表面51を備え、テーパ部41では、長手軸方向について基端(E9)と第1の絞り終了位置(第1の距離減少終了位置)E10との間で、長手軸Cから第1の絞り外表面51までの第1の交差方向への距離(第1の距離)が、基端側から先端側に向かうにつれて減少する。ある実施例では、長手軸方向についてテーパ部41の基端(E9)と第1の絞り終了位置E10との間の第1の絞り寸法L12は、18mmであることが好ましい。また、本実施形態でも、テーパ部41は、第2の交差方向側を向く第2の絞り外表面52を備え、テーパ部41では、長手軸方向について基端(E9)と第2の絞り終了位置(第2の距離減少終了位置)E11との間で、長手軸Cから第2の絞り外表面52までの第2の交差方向への距離(第2の距離)が、基端側から先端側に向かうにつれて減少する。第2の絞り終了位置E11(第2の絞り外表面52の先端)に比べ、第1の絞り終了位置E10(第1の絞り外表面51の先端)は、基端側に位置している。ある実施例では、長手軸方向についてテーパ部41の基端(E9)と第2の絞り終了位置E11との間の第2の絞り寸法L13は、21mmであることが好ましい。前述のような構成であるため、本実施形態のテーパ部41でも、長手軸方向についてテーパ部41の基端(厚さ減少開始位置)と第2の絞り終了位置(厚さ減少終了位置)E11との間において、第1の交差方向及び第2の交差方向についての超音波プローブ8の厚さ(寸法)Tが、先端側に向かって減少する。また、本実施形態でも、第1の幅方向(幅方向の一方側)からの投影において、第1の絞り外表面51の長手軸方向に対する絞り角(鋭角)である第1の絞り角 θ_1 は、第2の絞り外表面52の長手軸方向に対する絞り角(鋭角)である第2の絞り角 θ_2 より大きく、第2の絞り角 θ_2 とは異なる。

10

20

【0178】

本実施形態でも、テーパ部41は、第1の幅方向を向く第3の絞り外表面53、及び、第2の幅方向を向く第4の絞り外表面54を備える。そして、テーパ部41では、長手軸方向について幅減少開始位置E12と幅減少終了位置E13との間において、第1の幅方向及び第2の幅方向についての超音波プローブ8の幅(寸法)Wが、先端側に向かって減少する。そして、幅減少終了位置E13が、第3の絞り外表面53及び第4の絞り外表面54の先端となり、テーパ部41の先端となる。ある実施例では、長手軸方向について超音波プローブ8の先端から幅減少開始位置E12までの長手寸法L14は、32mmであることが好ましい。そして、幅減少開始位置E12は、テーパ部41の基端(E9)より僅かに(0.5mm程度)先端側に位置している。また、ある実施例では、長手軸方向について超音波プローブ8の先端から幅減少終了位置E13まで長手寸法L15は、9mmであることが好ましい。そして、幅減少終了位置E13は、第2の絞り終了位置E11より2mm程度だけ先端側に位置している。

30

【0179】

第1の絞り終了位置E10での長手軸Cから第1の絞り外表面51(超音波プローブ8の外周面)までの第1の交差方向への距離(第1の距離) L_1 は、プローブ本体部31の先端E9での外径D6の2分の1値より小さくなり、ある実施例では、距離 L_1 は、0.45mm以上0.5mm以下となる。また、第2の絞り終了位置E11での超音波プローブ8の第1の交差方向及び第2の交差方向についての厚さT1は、プローブ本体部31の先端E9での外径D6より小さくなり、ある実施例では、厚さT1は、1.7mmであることが好ましい。そして、幅減少終了位置E13では、超音波プローブ8の第1の幅方向及び第2の幅方向についての幅W1は、プローブ本体部31の先端E9での外径D6より小さくなり、ある実施例では、幅W1は、2.8mmであることが好ましい。

40

【0180】

前述のようにテーパ部41が構成されるため、テーパ部41では、先端側に向かうにつれて、長手軸Cに垂直な断面積が減少する。そして、振動体ユニット20が規定の周波数範囲(例えば46kHz以上48kHz以下)で縦振動する状態では、振動節(最先端振動節)N3がテーパ部41の基端(E9)の近傍に位置し、長手軸方向について縦振動の

50

いずれの振動腹もテーパ部 4 1 から離れて位置している。このため、先端側に向かって断面積が減少するテーパ部 4 1 では、縦振動（超音波振動）の振幅が拡大される。ある実施例では、テーパ部 4 1 の振幅が 80 μm の縦振動が伝達された場合に、プローブの先端が 140 μm ~ 150 μm の縦振動になる。

【0181】

また、本実施形態でも、テーパ部 4 1 の基端（E 9）から先端（E 13）までの長手軸方向についての寸法に比べて、振動体ユニット 20 が規定の周波数範囲で縦振動する状態での 8 分の 1 波長（ $\lambda/8$ ）が、小さくなる。また、テーパ部 4 1 では、長手軸方向について基端（E 9）と第 1 の絞り終了位置 E 10 との間の第 1 の絞り寸法 L 12 も、振動体ユニット 20 が 46 kHz 以上 48 kHz 以下（規定の周波数範囲）で縦振動する状態での 8 分の 1 波長より大きくなる。なお、第 1 の絞り終了位置 E 10 は、テーパ部 4 1 の外周面（絞り外表面 51 ~ 54）において絞りが終了する位置（例えば E 10, E 11, E 13）の中で、最も基端側に位置している。

【0182】

本実施形態でも、第 1 の湾曲延設部 42 及び第 2 の湾曲延設部 45 を含む湾曲延設部 40 は、プローブ本体部 31（すなわち、長手軸 C）に対して第 1 の交差方向側に湾曲する状態で、延設されている。そして、湾曲延設部 40 は、第 1 の交差方向側（湾曲延設部 40 が湾曲する側）を向く第 1 の湾曲外表面 55 を備え、第 1 の幅方向（幅方向の一方側）からの投影において、第 1 の湾曲外表面 55 では、第 1 の湾曲開始位置 E 14 より先端側の部位が、長手軸方向（プローブ本体部 31）に対して第 1 の交差方向側に湾曲する。また、湾曲延設部 40 は、第 2 の交差方向側（湾曲延設部 40 が湾曲する側とは反対側）を向く第 2 の湾曲外表面 56 を備え、第 1 の幅方向からの投影において、第 2 の湾曲外表面 56 では、第 2 の湾曲開始位置 E 15 より先端側の部位が、長手軸方向に対して第 1 の交差方向側に湾曲する。すなわち、第 1 の湾曲外表面 55 は、第 1 の湾曲開始位置 E 14 で長手軸 C に対して第 1 の交差方向側への湾曲を開始し、第 2 の湾曲外表面 56 は、第 2 の湾曲開始位置 E 15 で長手軸 C に対して第 1 の交差方向側への湾曲を開始する。また、本実施形態でも、湾曲延設部 40 は、第 1 の幅方向側を向く第 3 の湾曲外表面 57 と、第 2 の幅方向側を向く第 4 の湾曲外表面 58 と、を備える。

【0183】

本実施形態では、第 2 の湾曲開始位置 E 15 に対して、第 1 の湾曲開始位置 E 14 が先端側に位置している。したがって、湾曲延設部 40 は、第 2 の湾曲開始位置 E 15 を基端（湾曲基端）として先端側へ向かって延設されている。超音波プローブ 8 は、長手軸方向について先端から第 1 の湾曲開始位置 E 14 まで長手寸法 L 16 を有する。長手寸法 L 16 は、長手軸方向について超音波プローブ 8 の先端から幅減少終了位置 E 13 まで長手寸法 L 15 より小さい。このため、第 1 の湾曲開始位置 E 14 は、幅減少終了位置 E 13 より先端側に位置している。ある実施例では、長手寸法 L 16 は、8.5 mm となる。

【0184】

また、本実施形態では、第 2 の湾曲開始位置（湾曲基端）E 15 は、第 1 の湾曲開始位置 E 14 より基端側に位置するとともに、幅減少終了位置 E 13 より基向側に位置している。したがって、本実施形態では、湾曲延設部 40 の基端（E 15）は、テーパ部 4 1 の先端（E 13）より基端側に位置している。このため、本実施形態では、テーパ部 4 1 の一部は、湾曲延設部 40（第 1 の湾曲延設部 42）の一部によって形成されている。ここで、ある実施例では、第 2 の湾曲開始位置（湾曲基端）E 15 と幅減少終了位置 E 13 との間の長手軸方向についての寸法は 1 mm 程度であり、幅減少終了位置 E 13 と第 1 の湾曲開始位置 E 14 との間の長手軸方向についての寸法は、0.5 mm 程度となる。

【0185】

本実施形態でも、長手軸方向について第 1 の絞り外表面 51 と第 1 の湾曲外表面 55 との間には、第 1 の交差方向を向く第 1 の軸平行外表面 61 が連続している。第 1 の軸平行外表面 61 は、第 1 の絞り終了位置 E 10 と第 1 の湾曲開始位置 E 14 との間で、長手軸 C に平行（略平行）に延設されている。そして、第 1 の軸平行外表面 61 は、長手軸方向

10

20

30

40

50

について延設寸法（第1の延設寸法）L19を有する。第1の軸平行外表面61では、第1の絞り終了位置E10から第1の湾曲開始位置E14まで、長手軸Cからの第1の交差方向への距離が、距離1で略一定に保たれる。また、本実施形態でも、長手軸方向について第2の絞り外表面52と第2の湾曲外表面56との間には、第2の交差方向を向く第2の軸平行外表面62が連続している。第2の軸平行外表面62は、第2の絞り終了位置E11と第2の湾曲開始位置E15との間で、長手軸Cに平行（略平行）に延設されている。そして、第2の軸平行外表面62は、長手軸方向について延設寸法（第2の延設寸法）L20を有する。第1の軸平行外表面61の延設寸法L19は、第2の軸平行外表面62の延設寸法L20に比べて、大きい。第2の軸平行外表面62では、第2の絞り終了位置E11から第2の湾曲開始位置E15まで、長手軸Cからの第2の交差方向への距離が、略一定に保たれる。

10

【0186】

前述のような構成であるため、長手軸方向について第2の絞り終了位置E11と第2の湾曲開始位置E15との間では、第1の交差方向及び第2の交差方向についての超音波プローブ8の厚さTが、厚さT1で略一定に保たれる。また、長手軸方向について幅減少終了位置E13と超音波プローブ8の先端との間では、第1の幅方向及び第2の幅方向についての超音波プローブ8（湾曲延設部40）の幅Wが、幅W1で略一定に保たれる。

【0187】

本実施形態でも、テーパ部41の先端部では、長手軸Cから超音波プローブ8の外周面までの第1の交差方向への距離（第1の距離）1は、第1の交差方向及び第2の交差方向についての超音波プローブ8の厚さT1の2分の1値より、小さくなる。このため、長手軸Cを通り、かつ、第1の交差方向及び第2の交差方向に対して垂直な基準面（第1の基準面）Y1を規定した場合、テーパ部41では、超音波プローブ8は、基準面Y1を中央面として非対称となる。そして、テーパ部41では、長手軸Cに垂直な断面での断面重心が長手軸Cより第2の交差方向側にずれる。特に、第1の絞り終了位置E10と第2の湾曲開始位置（湾曲基端）E15との間では、断面重心の長手軸Cに対する第2の交差方向側へのずれが、大きくなる。また、長手軸Cを通り、かつ、第1の幅方向及び第2の幅方向に対して垂直な基準面（第2の基準面）Y2を規定した場合、テーパ部41では、超音波プローブ8は、基準面Y2を中央面として略対称となる。

20

【0188】

第1の幅方向（幅方向の一方側）からの投影において、第1の湾曲延設部42の外周面の第1の交差方向側を向く部位では、第1の湾曲開始位置E14での接線が長手軸方向に対して鋭角1を有する。また、第1の幅方向からの投影において、第1の湾曲延設部42の外周面の第2の交差方向側を向く部位では、第2の湾曲開始位置（湾曲基端）E15での接線が長手軸方向に対して鋭角2を有する。鋭角1及び鋭角2は、0°より大きく10°以下となり、ある実施例では、鋭角1が5°で、鋭角2が5°となる。

30

【0189】

本実施形態でも、第1の湾曲延設部42の先端側に、第2の湾曲延設部45が連続し、第2の湾曲延設部45は、第1の湾曲延設部42に対して第1の交差方向側に湾曲する状態で延設されている。第1の幅方向（幅方向の一方側）からの投影において、第2の湾曲延設部45の外周面の第1の交差方向側を向く部位は、角R1の円弧状に延設され、第2の湾曲延設部45の外周面の第2の交差方向側を向く部位は、角R2の円弧状に延設されている。そして、角R1の円弧及び角R2の円弧の中心O1は、湾曲延設部40（超音波プローブ8）より第1の交差方向側に位置している。このため、本実施形態でも、第2の湾曲延設部45では、長手軸方向に対する鋭角が先端側に向かうにつれて大きくなる。

40

【0190】

第2の湾曲延設部45の外周面の第1の交差方向側を向く部位では、先端での接線が、長手軸方向に対して鋭角3を有し、第2の湾曲延設部45の外周面の第2の交差方向側を向く部位では、先端での接線が、長手軸方向に対して鋭角4を有する。すなわち、第1の湾曲外表面55の先端で、湾曲延設部40は、長手軸方向に対して鋭角3を有する

50

。そして、第2の湾曲外表面56の先端で、湾曲延設部40は、長手軸方向に対して鋭角4を有する。ある実施例では、角R1が15mmとなり、鋭角4が15°となる。また、ある実施例では、角R2が16.5mmとなり、鋭角4が20°となる。本実施形態でも第1の実施形態と同様に、第2の湾曲外表面56（第2の湾曲延設部45の外周面の第2の垂直方向側を向く部位）では、先端での接線の長手軸方向に対する鋭角4が、10°以上30°以下となり、20°以上25°以下であることが好ましい。

【0191】

また、第1の実施形態と同様に超音波プローブ8の厚さ方向を規定すると、本実施形態では、超音波プローブ8は、長手軸方向について第1の湾曲開始位置E14から先端まで、厚さ方向について厚さ寸法T2で略一定に保たれる。すなわち、第1の湾曲開始位置E14と超音波プローブ8の先端との間では、第1の湾曲外表面55と第2の湾曲外表面56との間の距離である厚さ寸法T2が、略一定に保たれる。ある実施例では、厚さ寸法T2は、1.5mmである。したがって、第1の湾曲開始位置E14から先端まで超音波プローブ8の厚さ寸法T2が略一定になる状態に、鋭角1~4及び角R1, R2が決定される。また、本実施形態でも、第2の湾曲延設部45の外周面の第1の交差方向側を向く部位は、先端において長手軸Cからの第1の交差方向への離間距離T3を有する。ある実施例では、離間距離T3は、1.9mmであることが好ましい。

【0192】

そして、本実施形態でも、第1の幅方向（幅方向の一方側）からの投影において、第1の湾曲外表面55と先端面46との間は、角R3の曲面状に形成されている。また、第1の幅方向からの投影において、第2の湾曲外表面56と先端面46との間は、角R4の曲面状に形成されている。ある実施例では、角R3は、0.5mmであり、角R4は、0.9mmである。また、第2の交差方向（交差方向の一方側）からの投影において、第3の湾曲外表面57と先端面46との間、及び、第4の湾曲外表面58と先端面46との間は、角R5の曲面状に形成されている。ある実施例では、角R5は、1.25mmである。

【0193】

図23は、第2の湾曲延設部45（湾曲延設部40の先端部）を第1の幅方向側から見た図である。そして、図24は、図23のXXIV-XXIV線断面図であり、湾曲延設部40の延設方向に垂直な断面を示している。図21乃至図24に示すように、本実施形態でも第1の実施形態と同様に、第2の湾曲延設部45には、切削面47~49が設けられている。第1の切削面47は、第2の湾曲延設部45で、かつ、第2の湾曲外表面56に設けられている。そして、第1の幅方向及び前記第2の幅方向のそれぞれからの投影において、第1の切削面47は、湾曲延設部40より第1の交差方向側に中心(O1)が位置する円弧状に形成される。また、第2の切削面48は、第3の湾曲外表面57に設けられ、第3の切削面49は、第4の湾曲外表面58に設けられている。

【0194】

第2の湾曲延設部45は、第1の切削面47と第1の湾曲外表面55との間に、湾曲延設部40の厚さ方向についての厚さ寸法T6を有し、厚さ寸法T6は、厚さ寸法T2と略同一の大きさとなる。また、第2の湾曲延設部45は、第2の切削面48（第3の湾曲外表面57）と第3の切削面49（第4の湾曲外表面58）との間に、第1の幅方向及び第2の幅方向についての幅寸法W5を有し、幅寸法W5は、幅寸法W1と略同一の大きさとなる。このため、第1の切削面47が延設される範囲（第2の湾曲延設部45）では、第1の切削面47と第1の湾曲外表面55との間の湾曲延設部40の厚さ方向についての厚さ寸法T6（T2）は、第3の湾曲外表面57と第4の湾曲外表面58との間での第1の幅方向及び第2の幅方向についての幅寸法W5（W1）より、小さい。

【0195】

本実施形態でも、第2の切削面48には、複数（本実施形態では6つ）の延設溝（第1の延設溝）63A~63Fが形成され、第3の切削面49には、複数（本実施形態では6つ）の延設溝（第2の延設溝）65A~65Fが形成されている。延設溝63A~63Fのそれぞれは、湾曲延設部40の延設方向に対して略垂直に延設され、本実施形態では湾

10

20

30

40

50

曲延設部 40 の厚さ方向に沿って延設されている。また、延設溝 63A ~ 63F は、湾曲延設部 40 の延設方向について並設されている。延設溝 63A ~ 63F のそれぞれは、湾曲延設部 40 の延設方向について隣設する延設溝 (63A ~ 63F の対応する 1 つまたは 2 つ) との間に鋭角 1 有する。すなわち、延設溝 63A ~ 63F のそれぞれの延設方向は、隣設する延設溝 (63A ~ 63F の対応する 1 つまたは 2 つ) の延設方向に対して、鋭角 1 だけずれる。また、延設溝 63A ~ 63F の中で最も基端側に位置する最基端延設溝 63F を規定する。最基端延設溝 63F の延設方向は、基端側に対して鈍角 8 を有する。ある実施例では、鋭角 1 は 3° であり、鈍角 8 は 95° である。前述のように延設溝 (第 1 の延設溝) 63A ~ 63F が延設されるため、第 1 の幅方向からの投影において、延設溝 63A ~ 63F は、湾曲延設部 40 より第 1 の交差方向側に中心 (O1) が位置する円弧状の第 1 の切削面 47 に対して直交する状態で、第 2 の切削面 48 に延設される。したがって、本実施形態では、第 1 の幅方向からの投影において、延設溝 63A ~ 63F のそれぞれは、第 1 の切削面 47 との間に角度 3 を形成し、角度 3 は 90° となる。そして、延設溝 63A ~ 63F は、第 1 の切削面 47 の円弧の中心 (O1) において交差する。延設溝 63A ~ 63F のそれぞれは、幅 3 を有するとともに、深さ W3 を有する。ある実施例では、幅 3 が 0.5 mm となるとともに、深さ W3 が 0.35 mm となる。

【0196】

延設溝 (第 2 の延設溝) 65A ~ 65F のそれぞれは、基準面 Y2 を中央面として対応する延設溝 (63A ~ 63F の対応する 1 つ) と略対称となる。このため、第 2 の幅方向からの投影において、延設溝 65A ~ 65F は、湾曲延設部 40 より第 1 の交差方向側に中心が位置する円弧状の第 1 の切削面 47 に対して直交する状態で、第 3 の切削面 49 に延設される。また、延設溝 63A ~ 63F と同様に、延設溝 65A ~ 65F に関連して、鋭角 1、鈍角 8、幅 3 及び深さ W3 が規定される。また、第 2 の湾曲延設部 45 は、延設溝 63A ~ 63F のそれぞれの底位置から対応する延設溝 (65A ~ 65F の対応する 1 つ) の底位置まで、第 1 の幅方向及び第 2 の幅方向について幅方向寸法 W4 を有する。ある実施例では、幅方向寸法 W4 は、 2.1 mm 程度となる。

【0197】

また、第 1 の切削面 47 には、複数 (本実施形態では 6 つ) の中継溝 71A ~ 71F が形成されている。中継溝 71A ~ 71F のそれぞれは、湾曲延設部 40 の延設方向に対して略垂直に延設され、本実施形態では湾曲延設部 40 の幅方向 (第 1 の幅方向及び第 2 の幅方向) に沿って延設されている。中継溝 71A ~ 71F のそれぞれの一端は、対応する延設溝 (63A ~ 63F の対応する 1 つ) と連続し、中継溝 71A ~ 71F のそれぞれ他端は、対応する延設溝 (65A ~ 65F の対応する 1 つ) と連続する。中継溝 71A ~ 71F は、延設溝 63A ~ 63F、65A ~ 65F と同一の幅 3 を有するとともに、深さ T5 を有する。ある実施例では、深さ T5 は、 0.3 mm 程度となる。また、第 2 の切削面 48 側 (幅方向の一方側) から視て中継溝 71A ~ 71F のそれぞれの底面は、角 $3/2$ の円弧状に形成されている。

【0198】

第 2 の湾曲延設部 45 では、延設方向に垂直な断面において、第 1 の湾曲外表面 55 (外表面の第 1 の垂直方向側を向く部位) と第 2 の切削面 48 との間、及び、第 1 の湾曲外表面 55 と第 3 の切削面 49 との間が角 R6 の曲面状に形成されている。また、第 2 の湾曲延設部 45 では、延設方向に垂直な断面において、第 1 の切削面 47 と第 2 の切削面 48 との間、及び、第 1 の切削面 47 と第 3 の切削面 49 との間が角 R7 の曲面状に形成されている。ある実施例では、角 R6 が 0.5 mm であり、角 R7 が 0.9 mm となる。角 R6 の曲面部分は、長手軸方向について図 3 の範囲 S1 に渡って形成され、角 R7 の曲面部分は、長手軸方向について図 3 の範囲 S2 に渡って形成されている。すなわち、本実施形態でも、角 R6 の曲面部分及び角 R7 の曲面部分は、長手軸方向について超音波プローブの先端からテーパ部 41 まで延設され、超音波プローブ 8 においてシース 7 の先端からの突出部分 (露出部分) に、角 R6 の曲面部分及び角 R7 の曲面部分が形成されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 9 】

また、本実施形態では、第 2 の湾曲延設部 4 5 の延設方向に垂直な断面において、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F のそれぞれと対応する延設溝 (6 3 A ~ 6 3 F の対応する 1 つ) との間、及び、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F のそれぞれと対応する延設溝 (6 5 A ~ 6 5 F の対応する 1 つ) との間が角 R 8 の曲面状に形成されている。ある実施例では、角 R 8 が 0 . 5 5 m m である。

【 0 2 0 0 】

前述のような構成であるため、本実施形態においても第 3 の実施形態と同様の作用及び効果を奏する。

【 0 2 0 1 】

また、本実施形態では、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F は、湾曲延設部 4 0 の延設方向 (すなわち、縦振動による振動方向) に対して略垂直に延設されている。縦振動による振動方向に対して略垂直に中継溝 7 1 A ~ 7 1 F が延設されるため、超音波振動を用いて第 1 の切削面 4 7 で切削する際に、骨の切削性が向上する。

【 0 2 0 2 】

また、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F のそれぞれは、対応する延設溝 (6 3 A ~ 6 3 F の対応する 1 つ) 及び対応する延設溝 (6 5 A ~ 6 5 F の対応する 1 つ) と連続している。このため、切削面 4 7 ~ 4 9 で骨を切削する際に、骨がムラなく均一に切削され、切削性がさらに向上する。

【 0 2 0 3 】

また、第 2 の切削面 4 8 には、円弧状の第 1 の切削面 4 7 に対して直交する状態で、延設溝 (第 1 の延設溝) 6 3 A ~ 6 3 F が延設され、第 3 の切削面 4 9 には、円弧状の第 1 の切削面 4 7 に対して直交する状態で、延設溝 (第 2 の延設溝) 6 5 A ~ 6 5 F が延設されている。このため、第 2 の切削面 4 8 又は第 3 の切削面 4 9 で切削する際に、骨の切削性が向上する。

【 0 2 0 4 】

また、本実施形態では、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F のそれぞれと対応する延設溝 (6 3 A ~ 6 3 F の対応する 1 つ) との間、及び、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F のそれぞれと対応する延設溝 (6 5 A ~ 6 5 F の対応する 1 つ) との間が角 R 8 の曲面状に形成されている。このため、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F のそれぞれと対応する延設溝 (6 3 A ~ 6 3 F の対応する 1 つ) との間、及び、中継溝 7 1 A ~ 7 1 F のそれぞれと対応する延設溝 (6 5 A ~ 6 5 F の対応する 1 つ) との間において、骨が切削されずに切残ることが、有効に防止される。

【 0 2 0 5 】

また、本実施形態では、第 2 の湾曲外表面 5 6 の第 2 の湾曲開始位置 E 1 5 に対して、第 1 の湾曲外表面 5 5 の第 1 の湾曲開始位置 E 1 4 が先端側に位置している。このため、第 1 の切削面 4 7 を肩峰 3 0 3 の下面 3 1 2 に接触可能な位置まで移動させる際に、湾曲延設部 4 0 及びテーパ部 4 1 において外表面の第 1 の交差方向側を向く部位 (背面側の部位) が、処置対象 (肩峰 3 0 3 の下面) 以外の生体組織等にさらに接触し難くなる。したがって、第 1 の切削面 4 7 を肩峰 3 0 3 の下面 3 1 2 に接触可能な位置まで、さらに移動させ易くなる。

【 0 2 0 6 】

(変形例)

前述の実施形態等では、超音波プローブ (8) は、長手軸 (C) に沿って延設され、基端側から先端側へ超音波振動を伝達する状態において、規定の周波数範囲で振動するプローブ本体部 (3 1) と、プローブ本体部 (3 1) に対して先端側に設けられるとともに、基端側から先端側に向かうにつれて、長手軸 (C) に垂直な断面積が減少し、プローブ本体部 (3 1) から超音波振動が伝達されている状態において、プローブ本体部 (3 1) と一緒に規定の周波数範囲で振動するテーパ部 (1 0 1 ; 4 1) と、を備える。プローブ本体部 (3 1) 及びテーパ部 (1 0 1 ; 4 1) が規定の周波数範囲で振動している状態において、振動節の中で最も先端側に位置する最先端振動節 (N 3) は、テーパ部 (1 0 1 ;

10

20

30

40

50

41)の基端(E9)より基端側に位置するとともに、振動の8分の1波長(λ/8)は、テーパ部(101; 41)の基端(E9)からテーパ部(101; 41)の先端(S5; E13)までの長手軸方向についてのテーパ寸法より小さい。

【0207】

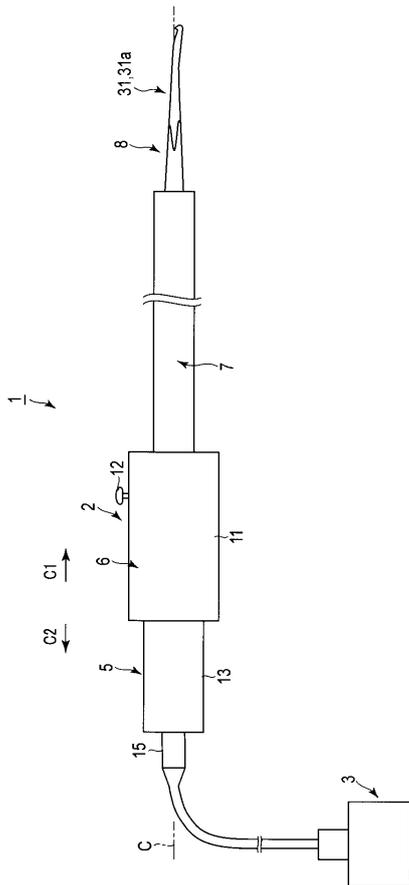
以上、本発明の実施形態等について説明したが、本発明は前述の実施形態等に限るものではなく、発明の趣旨を逸脱することなく種々の変形ができることは、もちろんである。

【要約】

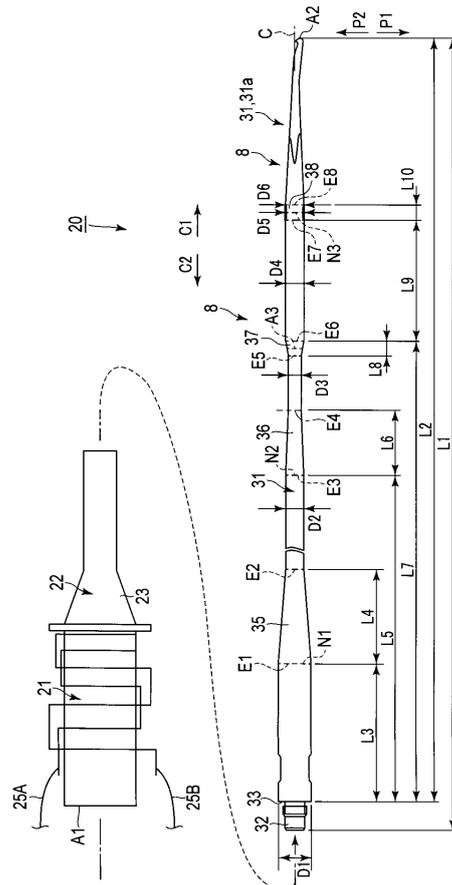
超音波プローブは、プローブ本体部と、プローブ本体部に対して先端側に設けられ、長手軸に交差するある1つの方向を第1の交差方向とした場合に、プローブ本体部に対して第1の交差方向側へ湾曲する状態で延設される湾曲延設部とを有する。湾曲延設部は、第1の交差方向側を向く第1の湾曲外表面と、第1の交差方向とは反対側である第2の交差方向側を向く第2の湾曲外表面とを有する。第1の湾曲外表面が長手軸に対して第1の交差方向側への湾曲を開始する第1の湾曲開始位置は、第2の湾曲外表面が長手軸に対して第1の交差方向側への湾曲を開始する第2の湾曲開始位置に比べ、先端側に位置する。

10

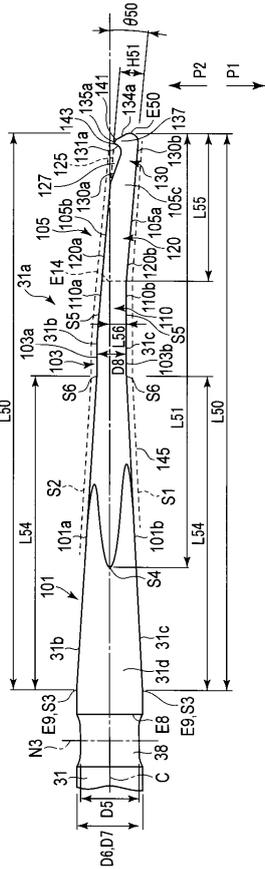
【図1】



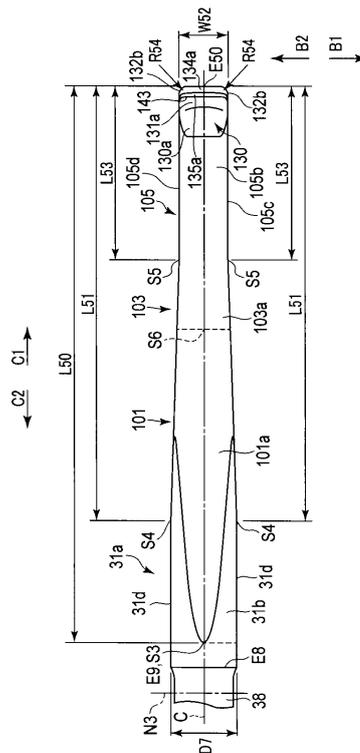
【図2】



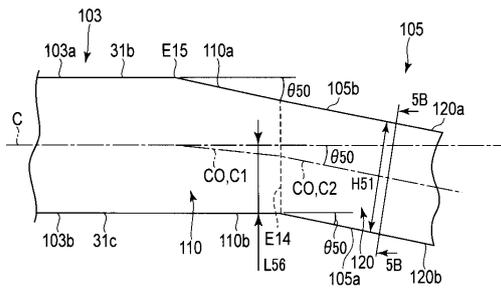
【 図 3 】



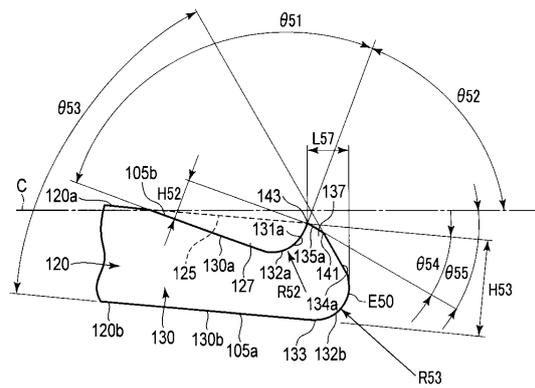
【 図 4 】



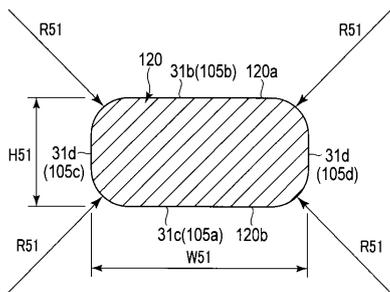
【 図 5 A 】



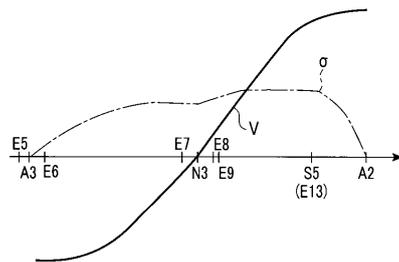
【 図 6 】



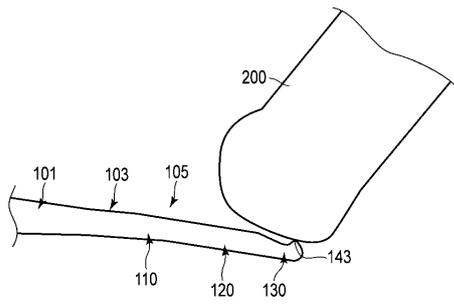
【 図 5 B 】



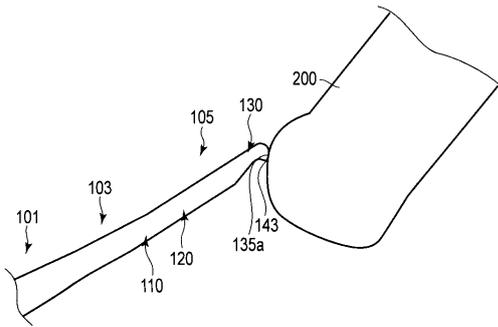
【 図 7 】



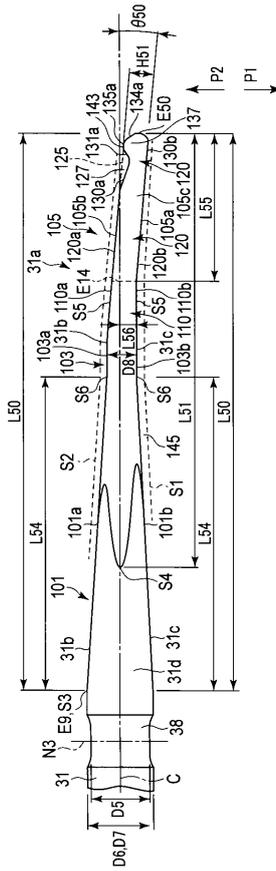
【 図 8 A 】



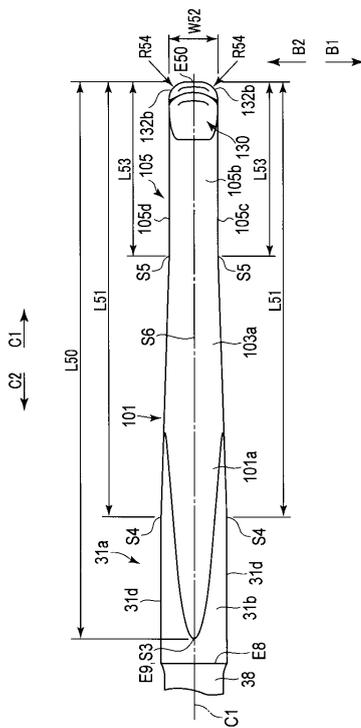
【 図 8 B 】



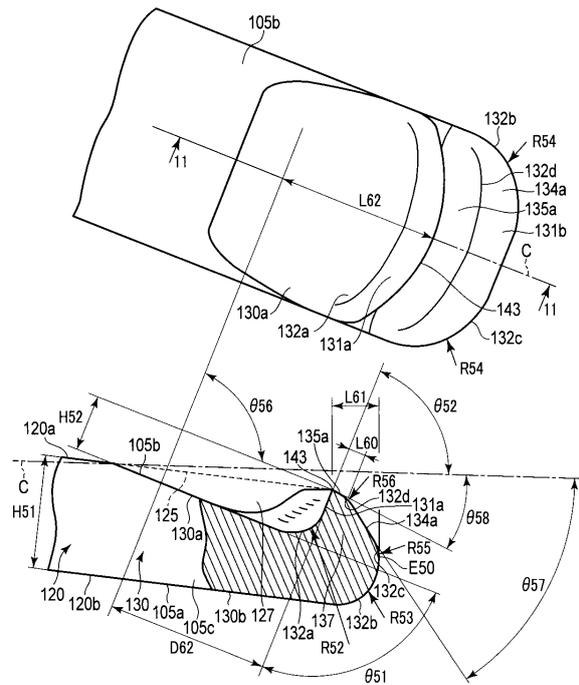
【 図 9 】



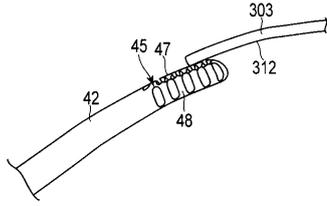
【 図 10 】



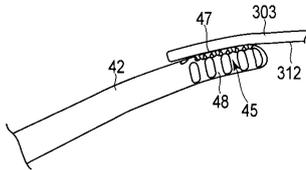
【 図 11 】



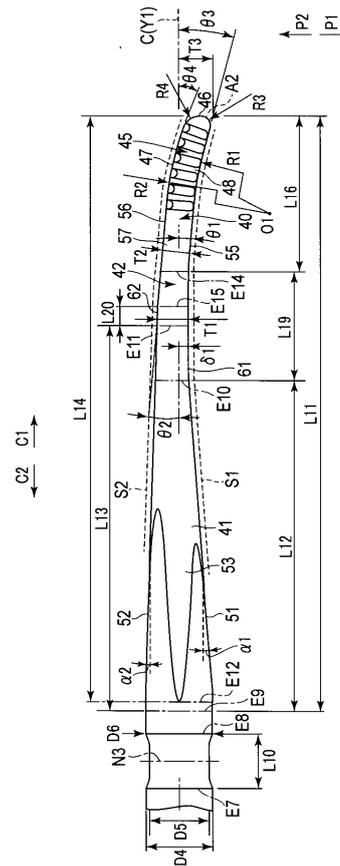
【 図 19 】



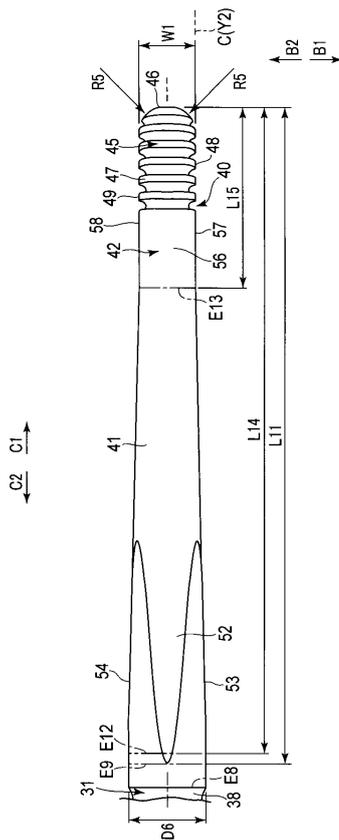
【 図 20 】



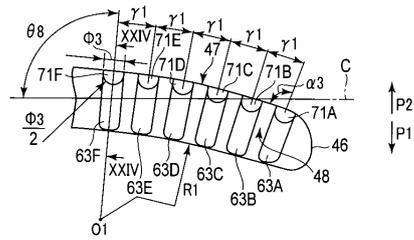
【 図 21 】



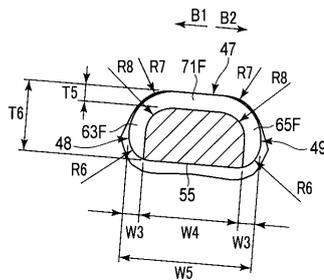
【 図 22 】



【 図 23 】



【 図 24 】



フロントページの続き

(72)発明者 吉嶺 英人
東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内

審査官 毛利 大輔

(56)参考文献 特表2011-500161(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0040261(US,A1)
米国特許出願公開第2014/0135804(US,A1)
特開昭62-211054(JP,A)
特表2007-531563(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 17/32