(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-504886
(P2025-504886A)
(43)公表日　令和7年2月19日(2025.2.19)

(51)国際特許分類	FI	テーマコード（参考）
A61B 34/30 (2016.01)	A61B 34/30	4C130

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全35頁）

(21)出願番号	特願2024-543395(P2024-543395)
(86)(22)出願日	令和5年1月23日(2023.1.23)
(85)翻訳文提出日	令和6年9月20日(2024.9.20)
(86)国際出願番号	PCT/US2023/061119
(87)国際公開番号	WO2023/141644
(87)国際公開日	令和5年7月27日(2023.7.27)
(31)優先権主張番号	63/302,122
(32)優先日	令和4年1月23日(2022.1.23)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV
	最終頁に続く

(71)出願人	522369979 モノグラム・オーサピディクス・インコーポレイテッド Ｍｏｎｏｇｒａｍ Ｏｒｔｈｏｐａｅｄｉｃｓ Ｉｎｃ． アメリカ合衆国７８７４４テキサス州オースティン、トッド・レイン３９１３、スウィート３０７
(74)代理人	100145403 弁理士　山尾 憲人
(74)代理人	100111039 弁理士　前堀 義之
(72)発明者	ゴンサレス チャパ，ヘラルド アンヘル アメリカ合衆国７８７４４テキサス州オースティン、トッド・レイン３９１３、
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】　振動補償を備えたロボットシステム、および関連する方法

(57)【要約】
振動力を緩和し、それに耐えるように構成された外科用ロボットシステムおよび方法である。ロボットシステムは、複数のアームセグメントを含む多関節アームと、隣り合うアームセグメント間に結合された調節可能なジョイントとを含む。ロボットシステムは、動力が与えられる駆動部分を備えた、エンドアームセグメントに回転可能に結合されるエンドエフェクタを含む。エンドエフェクタは、切断ツールと結合するように構成された切断ツール取付機構を備え、それによって、そこから切断ツールが軸方向に延びる。動力が与えられる駆動部分は、切断ツールがこの切断ツールの長手方向軸に対して角度をなす切断をもたらすように構成された切断経路に沿って切断ツールを並進させるようになっている。エンドエフェクタは、切断ツールの長手方向軸およびエンドエフェクタ自身の長手方向軸が、エンドアームセグメントの長手方向軸に対して角度をなすように向けられている。

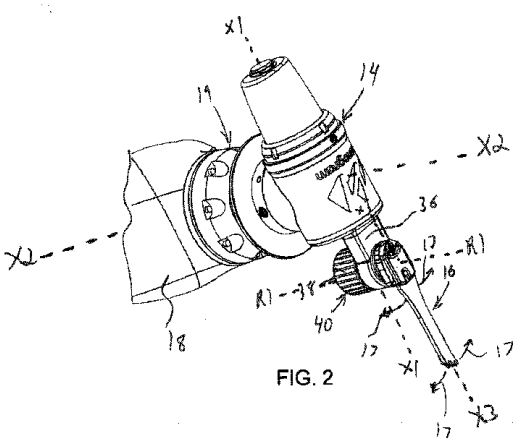

FIG. 2

【特許請求の範囲】
【請求項１】
ロボットシステムであって、
長手方向の軸を画定する複数のアームセグメントと、隣り合うアームセグメント間に結合され、上記隣り合うアームセグメントの上記軸の向きを調整するように構成された調整可能なジョイントとを含む多関節アームと、
上記複数のアームセグメントのうちエンドアームセグメントに回転可能に結合され、動力が与えられる駆動部分を備えるエンドエフェクタと
を備え、
上記エンドエフェクタは、このエンドエフェクタの長手方向端部に配置され、切断ツールと結合するように構成された切断ツール取付機構を備え、それによって、この切断ツール取付機構から上記切断ツールが軸方向に延び、上記駆動部分は、上記切断ツールがこの切断ツールの長手方向軸に対して角度をなす切断をもたらすように構成された切断経路に沿って切断ツールを並進させるようになっており、
上記エンドエフェクタは、上記切断ツールの上記長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して角度をなすように向けられている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２】
請求項２に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断ツールは、振動軸を中心として上記切断経路に沿って振動されると切断するように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは、上記切断ツールの上記長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して角度をなすように向けられている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項４】
請求項３に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは、上記切断ツールの上記長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して実質的に垂直になるように向けられている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項５】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは第２の長手方向軸を画定し、
上記エンドエフェクタは、上記第２の長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して角度をなすように向けられている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項６】
請求項５に記載のロボットシステムにおいて、
上記第２の長手方向軸は、上記エンドアームセグメントの上記軸に対して実質的に垂直に向けられている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項７】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは、最大の横幅よりも大きい最大の長手方向長さを画定するように長手方向に細長くなっている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項８】
請求項７に記載のロボットシステムにおいて、

上記エンドアームセグメントは、上記取付機構に対向する、上記エンドエフェクタの長手方向端部から長手方向に間隔を空けた、上記エンドエフェクタの横側部分と回転可能に結合されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項９】
（原文に記載無し）
【請求項１０】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断ツールは、この切断ツールの長手方向端部に配置された切断歯を有するサジタル切断ツールとして構成され、
上記サジタル切断ツールは、上記振動軸を中心として上記切断経路に沿って振動され、かつ上記長手方向に並進されたときに切断するように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１１】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断ツールは、この切断ツールが上記振動軸と実質的に整列した質量中心を有するように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１２】
請求項１１に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断ツールは、上記振動軸がこの切断ツールの長手方向軸と実質的に整列するように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１３】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記取付機構は、上記駆動部分と結合され、かつ上記駆動部分から長手方向に延びる第１の部分を有する取付アームを備え、
上記取付アームは、上記駆動部分によって第２の振動軸を中心として振動され、
上記取付アームは、上記振動を上記切断ツールに伝達して上記切断ツールを振動させるように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１４】
請求項１３に記載のロボットシステムにおいて、
上記取付アームは、上記第２の振動軸がこの取付アームの長手方向軸と整列するように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１５】
請求項１３に記載のロボットシステムにおいて、
上記取付アームは、上記第２の振動軸と実質的に整列した質量中心を有するように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１６】
請求項１３に記載のロボットシステムにおいて、
上記第１および第２の振動軸は平行である
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１７】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断ツールは、この切断ツールの総質量を最小にするために、長手方向に間隔が空けられた複数の開口を含む本体部分を有する切断ツールを含む
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項１８】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記取付アームは、この取付アームの総質量を最小にするように構成された少なくとも１つの開口を含む本体部分を含む
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項１９】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタの上記駆動部分は、上記ロボットシステムの共振周波数範囲よりも大きいか又は小さい周波数で、上記切断ツールを上記切断ツールの切断動作周波数範囲内で上記切断経路に沿って振動させる振動的な力を加えるように構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２０】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは、上記エンドアームセグメントの上記軸の周りに回転可能であるように、上記エンドアームセグメントに結合されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２１】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは、上記エンドアームセグメントの上記軸の周りに回転可能のみであるように、上記エンドアームセグメントに結合されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２２】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは、回転可能なジョイントを介して上記エンドアームセグメントに結合されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２３】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記エンドエフェクタは、手動操作可能なコネクタ組立体を介して上記エンドアームセグメントに結合され、
上記コネクタ組立体はフランジ組立体を含み、このフランジ組立体は、上記エンドアームセグメントと上記フランジ組立体のフランジ部材とを取り外し可能に結合する第１のコネクタと、上記フランジ部材と上記エンドエフェクタとを取り外し可能に結合する第２のコネクタとを含んでいる
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２４】
請求項２３に記載のロボットシステムにおいて、
上記コネクタ組立体は、上記第１のコネクタおよび上記第２のコネクタの少なくとも一方の対応する部品内に配置された可撓性の振動減衰部材をさらに含んでいる
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２５】
請求項２４に記載のロボットシステムにおいて、
可撓性の振動減衰部材は、上記フランジ部材の凹部内に配置され、上記エンドアームセグメントに結合された第１のコネクタの一部と係合している
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２６】
請求項２５に記載のロボットシステムにおいて、
上記振動減衰部材は、上記凹部と上記第１のコネクタの上記一部との間で圧縮性の予荷重を受けている
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項２７】
請求項２３に記載のロボットシステムにおいて、
上記コネクタ組立体は、上記エンドセグメントと上記フランジ部材の第１の側部とを結合する第１のコネクタと、上記フランジ部材の第２の側部と上記エンドエフェクタとを結合する第２のコネクタとを含んでいる
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２８】
請求項２７に記載のロボットシステムにおいて、
上記第１のコネクタは第１のクイックコネクタであり、
上記第２のコネクタは第２のクイックコネクタである
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項２９】
請求項２７に記載のロボットシステムにおいて、
上記コネクタ組立体は、上記フランジ部材から上記フランジ部材の周りに延びる外科用ドレープをさらに含んでいる
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３０】
請求項２７に記載のロボットシステムにおいて、
上記第１のコネクタは、上記フランジ部材の第１の側部に固定された第１の雄コネクタ部分と、上記エンドアームセグメントに固定された第１の雌コネクタ部分とを備え、上記第１の雄および雌コネクタ部分が、取り外し可能に手動で結合するように構成されており、
上記第２のコネクタは、上記エンドエフェクタに固定された第２の雄コネクタ部分と、上記フランジ部材の第２の側部に固定された第２の雌コネクタ部分とを備え、上記第２の雄および雌コネクタ部分が、取り外し可能に手動で結合するように構成されている、
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３１】
請求項２３に記載のロボットシステムにおいて、
上記コネクタ組立体は、上記フランジ部材から上記フランジ部材の周りに延びる外科用ドレープをさらに含んでいる
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３２】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断ツールは切断ブレードを含んでいる
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３３】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記ロボットシステムは、ユーザが上記ロボットシステムに物理的に関与することなく、上記切断ツールを１つ以上の切断経路を通して自律的に並進させる自律ロボットとして構成されている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３４】
請求項１に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断経路は平面状である
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３５】
請求項３４に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断経路は、上記エンドアームセグメントの上記軸に対して実質的に垂直に向けられている
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項３６】
請求項３４に記載のロボットシステムにおいて、
上記切断経路は、回転軸から延びる半径によって画定される円弧である
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３７】
請求項３６に記載のロボットシステムにおいて、
上記回転軸は、上記エンドアームセグメントの上記軸に対して実質的に平行に向けられている
ことを特徴とするロボットシステム。
【請求項３８】
材料を切断する方法であって、
請求項１～３７のいずれかに記載のロボットシステムを使用して、上記切断ツールを上記切断経路、および、１つ以上の長手方向経路に沿って並進させて、上記材料を切断することを特徴とする方法。
【請求項３９】
請求項３８に記載の方法において、
上記材料は治療対象哺乳類の骨を含み、
上記切断ツールはサジタル切断ブレードを含んでいる
ことを特徴とする方法。
【発明の詳細な説明】
【関連出願との相互参照】
【０００１】
本出願は、２０２２年１月２３日に出願された、「振動補償を備えたロボットシステム、および関連する方法（Robotic Systems with Vibration Compensation, and Related Methods）」と題する米国仮出願第６３／３０２，１２２号の優先権の利益を完全なものとし、主張するものであり、その全体は、参照により本明細書に明示的に組み込まれる。
【技術分野】
【０００２】
以下の開示は、一般に、改良された外科用ロボット、その構成要素、および関連するシステムに関する。より詳細には、以下の開示は、切断ツール上のエンドエフェクタからの振動の影響を最小限に抑え、正確な骨および組織の切断を保証する外科用ロボットシステム、その構成要素、および関連するシステムに関する。
【背景技術】
【０００３】
振動鋸や回転バリなどの動力式切断ツールは、整形外科手術において、手術時間や外科医の労力を削減し、精度を向上させるために使用されてきた。このような動力式切断ツールは、例えば、完全手動の切断ツールと比較して、外科処置中に骨および他の組織をより迅速かつ正確に切断することを可能にする。
【０００４】
近年、整形外科手術で使用される動力切断ツールを制御して、骨の切断に優れた精度を提供することができる外科用ロボットが利用可能になっている。外科用ロボットは、切断経路に沿った切断ツールの総体的な移動を提供するか、または容易にする、典型的には多関節であるロボットアームを含む。現在の外科用ロボットの中には、切断ツールに動力を与え、切断ツールを患者へ（及び患者を通して）平行移動させる際にユーザを補助する手誘導による器具として構成されているものもあるが、ユーザが切断経路に沿って切断ツールを手動で移動させ、指示する必要がある（すなわち、ロボットが能動的に切断を実行するわけではない）。例えば、このような外科用ロボットの中には、切断ツールをその切断経路に沿って移動させ、指示するために使用者が手動で使用するハンドルとトリガを含むものがある。

【０００５】
整形外科用ロボットでは、ロボットによって実行される切断の安全性、正確性、および効率を決定する重要な要因は、ツール経路の制御である。しかしながら、典型的な外科用ロボットは、切断ブレードに動力を与えるパワーモジュールまたはエンドエフェクタを含み、それによって、切断ブレードは、その切断ブレードの刃先によって定められた切断方向（それに沿って、切断ブレードが切断するように設計されている）に沿って並進する。エンドエフェクタによってもたらされる切断ブレードの動きは、必然的にロボットアームに振動を誘発し、それによって、ツール経路の全体的な制御を妨げる。例えば、ロボットアームに取り付けられた器具からの振動は、ロボットの構成部品の性能に影響し、切断作業中にロボットの全体的な切断性能に悪影響を及ぼし、それによって切断ツールが意図された切断経路の外部へ移動する可能性がある。特に、エンドエフェクタと切断ブレードによって生じる振動は、ロボットアームに損傷を与えることもある。例えば、外科用ロボットを通過する振動は、ロボットの１つ以上の構成要素に損傷を与える可能性がある。
【０００６】
本開示は、外科用切断の安全性、正確性、および効率を高めるために、破壊的な振動的な力／運動の発生を抑止する、および／または、振動的な力／運動を緩和する、改良された外科用ロボット、ロボットシステム構成要素、および関連する手術方法を提供する。本開示はまた、ロボットの構成要素の故障を防止するために、破壊的な振動的な力／運動の発生を抑止し、および／または、振動的な力／運動を緩和する、改良された外科用ロボット、ロボットシステムの構成要素、および関連する手術方法を提供する。本開示の外科用ロボット、ロボットシステム構成要素、および関連する手術方法は、組織（例えば、骨および／または軟組織）の安全で正確かつ信頼性の高い切断を提供することから、完全に自律的な外科手術および関連する手術方法も提供され得る。
【０００７】
出願人の発明の開示を容易にするために、従来技術の特定の態様について説明したが、出願人は、これらの技術的態様を決して否認するものではなく、本発明は、１つ以上の従来技術の態様を包含し得ることが企図されている。
【０００８】
本開示において、文書、行為、または知識の項目が言及または議論される場合、この言及または議論は、優先日において、文書、行為、または知識の項目、またはそれらの組み合わせが、公的に入手可能であったこと、公知であったこと、一般的な一般的知識の一部であったこと、またはそうでなければ、適用される法令規定の下で先行技術を構成すること、または本明細書が関係する問題を解決する試みに関連することが知られていることを認めるものではない。
【発明の概要】
【０００９】
本発明は、現在の外科用ロボット、外科用ロボットシステムの構成要素、および関連する手術方法の問題点および欠陥の１つ以上に対処し得る。しかしながら、本発明は、多くの技術分野における他の問題および欠陥に対処する際に有用であることが判明することが企図されている。したがって、特許請求される発明は、必ずしも、本明細書で論じた特定の問題または欠陥のいずれかに対処することに限定して解釈されるべきではない。
【００１０】
本開示は、一般に、外科用ロボット、外科用ロボットシステムの構成要素、および関連する外科手術方法に向けられている。本開示は、切断ブレードに動力を供給する動力モジュールまたはエンドエフェクタを含み、アームおよびその構成要素を通過する振動の発生を防止および／または緩和するように構成された外科用ロボットアームを提供する。また、本開示は、ロボットが意図された切断経路に沿ってツール経路の制御を維持するように、発生する如何なる振動の可能性をも防止および／または軽減し、ロボットによって適切に制御される、そのような動力式外科用ロボットアームを提供する。また、本開示は、発生する振動を介した損傷および／または故障の可能性を防止および／または軽減するよう

に構成された構成要素を含む、そのような動力式外科用ロボットアームを提供する。本開示の外科用ロボット、ロボットシステム構成要素、および関連する外科手術方法の振動防止および緩和の特徴は、組織（例えば、骨および／または軟組織）の安全で正確かつ信頼性の高い切断を提供する。さらに、振動防止および緩和の特徴のおかげで、完全に自律的な外科手術および関連する手術方法も、本明細書で提供される。外科用ロボットが（予め計画された切断経路に従うことを介して）予め決定された外科的切断を自律的に実行する完全自律型の実施形態では、上記ロボットおよび方法は、切断作業中にユーザ（例えば、外科医）が他の外科的作業（例えば、ユーザの片手または両手を利用する作業）を実行することを可能にし、手術室における開放された作業空間を可能にする。

【００１１】

幾つかの実施形態では、本開示の外科用ロボット、ロボットシステム構成要素、および関連する手術方法の振動防止および緩和の特徴は、振動防止／緩和器具設計、振動防止／緩和器具マウント、振動防止／緩和器具操作（工具運動の振動防止／緩和最適化などであるが、これらに限定されない）（例えば、高調波振動）、および振動防止／軽減アドオン部品（例えば、チューンドマスダンパが挙げられるが、これらに限定されない）。振動防止・緩和の特徴は、外科用ロボット（またはロボットシステム）または関連する手術方法において、個々に利用されてもよいし、振動防止・緩和の特徴の組み合わせ（例えば、全て）が利用されてもよい。

【００１２】

上記切断ツールは、組織を切断または切除するように構成された外科用切断ツールなどであるが、これに限定されない任意の切断ツールであってよい、ということが注記される。１つの例示的な実施形態では、上記切断ツールは、切断ブレードまたは鋸（例えば、サジタル外科用鋸ブレード）である。同様に、上記エンドエフェクタは、切断刃が切断するように構成されている方向（例えば、切断刃に沿って延びる方向）に沿って切断ツールを動かす（例えば、往復動または回転させる）ように構成された任意の器具、例えば、動力式サジタル鋸エンドエフェクタであってもよい。上記エンドエフェクタは、ロボットアームの遠位アームセグメントと切断ツールとの間に結合されてもよく、その構成は、その予め定められた動作パラメータ内で、切断ツールの動作中の振動の発生を最小化するように、および／または、ロボットシステムの態様もしくは構成要素に対する振動の強度および／もしくは印加を緩和するように、最適化されてもよい。

【００１３】

一局面では、本開示は、ロボットシステムであって、長手方向の軸を画定する複数のアームセグメントと、隣り合うアームセグメント間に結合され、上記隣り合うアームセグメントの上記軸の向きを調整するように構成された調整可能なジョイントとを含む多関節アームと、上記複数のアームセグメントのうちエンドアームセグメントに回転可能に結合され、動力が与えられる駆動部分を備えたエンドエフェクタとを備えるものを提供する。上記エンドエフェクタは、このエンドエフェクタの長手方向端部に配置され、切断ツールと結合するように構成された切断ツール取付機構を備え、それによって、この切断ツール取付機構から上記切断ツールが軸方向に延び、上記駆動部分は、上記切断ツールがこの切断ツールの長手方向軸に対して角度をなす切断をもたらすように構成された切断経路に沿って切断ツールを並進させるようになっている。上記エンドエフェクタは、上記切断ツールの上記長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して角度をなすように向けられている。

【００１４】

幾つかの実施形態では、上記切断ツールは、振動軸を中心として上記切断経路に沿って振動されると切断するように構成されている。幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタは、上記切断ツールの上記長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して角度をなすように向けられている。幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタは、上記切断ツールの上記長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して実質的に垂直になるように向けられている。幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタは第

２の長手方向軸を画定し、上記エンドエフェクタは、上記第２の長手方向軸が上記エンドアームセグメントの上記軸に対して角度をなすように向けられている。幾つかの実施形態では、上記第２の長手方向軸は、上記エンドアームセグメントの上記軸に対して実質的に垂直に向けられている。

【００１５】

幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタは、最大の横幅よりも大きい最大の縦方向長さを画定するように縦方向に細長くなっている。幾つかの実施形態では、上記エンドアームセグメントは、上記取付機構に対向する、上記エンドエフェクタの長手方向端部から長手方向に間隔を空けた、上記エンドエフェクタの横側部分と回転可能に結合されている。幾つかの実施形態では、上記切断ツールは、この切断ツールの長手方向端部に配置された切断歯を有するサジタル切断ツールとして構成され、上記サジタル切断ツールは、上記振動軸を中心として上記切断経路に沿って振動され、かつ上記長手方向に並進されたときに切断するように構成されている。

【００１６】

幾つかの実施形態では、上記切断ツールは、この切断ツールが上記振動軸と実質的に整列した質量中心を有するように構成されている。幾つかの実施形態では、上記切断ツールは、上記振動軸がこの切断ツールの長手方向軸と実質的に整列するように構成されている。

【００１７】

幾つかの実施形態では、上記取付機構は、上記駆動部分と結合され、かつ上記駆動部分から長手方向に延びる第１の部分を有する取付アームを備え、上記取付アームは、上記駆動部分によって第２の振動軸を中心として振動され、上記取付アームは、上記振動を上記切断ツールに伝達して上記切断ツールを振動させるように構成されている。幾つかの実施形態では、上記取付アームは、上記第２の振動軸がこの取付アームの長手方向軸と整列するように構成されている。幾つかの実施形態では、上記取付アームは、上記第２の振動軸と実質的に整列した質量中心を有するように構成されている。幾つかの実施形態では、上記第１および第２の振動軸は平行である。

【００１８】

幾つかの実施形態では、上記切断ツールは、この切断ツールの総質量を最小にするために、長手方向に間隔が空けられた複数の開口を含む本体部分を有する切断ツールを含む。幾つかの実施形態では、先行する請求項において、上記取付アームは、この取付アームの総質量を最小にするように構成された少なくとも１つの開口を含む本体部分を含む。幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタの上記駆動部分は、上記ロボットシステムの共振周波数範囲よりも大きいか又は小さい周波数で、上記切断ツールを上記切断ツールの切断動作周波数範囲内で上記切断経路に沿って振動させる振動的な力を加えるように構成されている。

【００１９】

幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタは、上記エンドアームセグメントの上記軸の周りに回転可能であるように、上記エンドアームセグメントに結合されている。幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタは、上記エンドアームセグメントの上記軸の周りに回転可能のみであるように、上記エンドアームセグメントに結合されている。

【００２０】

幾つかの実施形態では、上記エンドエフェクタは、回転可能なジョイントを介して上記エンドアームセグメントに結合されている。幾つかの実施形態では、上記回転可能なジョイントはフランジ組立体を含み、このフランジ組立体は、上記エンドエフェクタに結合された第１のコネクタと、上記エンドアームセグメントに結合されたフランジコネクタ組立体とを有し、上記フランジコネクタは、上記エンドエフェクタの凹部内に延びる突起を有する。幾つかの実施形態では、上記回転可能なジョイントは、上記凹部と上記突起との間の、上記凹部内に配置された可撓性の振動減衰部材をさらに備える。幾つかの実施形態では、上記回転可能なジョイントは、上記凹部と上記突起との間の、上記凹部内に配置され

た可撓性の振動減衰部材をさらに備える。幾つかの実施形態では、上記振動減衰部材は、圧縮性の予荷重を受けている。

【００２１】

幾つかの実施形態では、上記切断ツールは切断ブレードを含んでいる。幾つかの実施形態では、上記ロボットシステムは、ユーザが上記ロボットシステムに物理的に関与することなく、上記切断ツールを１つ以上の切断経路を通して自律的に並進させる自律ロボットとして構成されている。

【００２２】

別の局面では、本開示は、材料を切断する方法であって、上述のロボットシステムを使用して、上記切断ツールを上記切断経路、および、１つ以上の長手方向経路に沿って並進させて、上記材料を切断するものを提供する。

【００２３】

幾つかの実施形態では、上記材料は治療対象哺乳類の骨を含み、上記切断ツールはサジタル切断ブレードを含んでいる。

【００２４】

前述の局面および以下にさらに詳細に説明する追加概念の全ての組み合わせ（そのような概念が相互に矛盾しないことを条件とする）が、本発明の主題事項の一部であり、本明細書に開示される利点を達成するものとして企図される、ということが理解されるべきである。

【００２５】

本開示のこれらおよび他の目的、特徴および利点は、添付の図面と併せて考慮される本開示の様々な局面の以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

本開示の態様、およびその特定の例、特徴、利点、およびその詳細は、添付の図面に図示された非限定的な例を参照して、以下により十分に説明される。これらの図面は、必ずしも縮尺通りに描かれておらず、図面全体にわたって同様の参照数字が同様の態様を表している。図面において、

【図１】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う外科用ロボットを示す図である。

【図２】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットの遠位アームセグメント、エンドエフェクタ、および切断ツールを示す立面斜視図である。

【図３】別の例において、本開示の１つ以上の態様に従う、外科用ロボットの遠位アームセグメント、エンドエフェクタ、および切断ツールを示す立面斜視図である。

【図４】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図２の外科用ロボットの、エンドエフェクタの取付アーム、取付機構、および切断器具の組立体を示す側面図である。

【図５】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図４の上記取付アーム、上記取付機構、および上記切断器具の上記組立体を示す上面図である。

【図６】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図４の上記エンドエフェクタの上記取付アーム、および補強カラーを示す立面斜視分解図である。

【図７】本開示の１つ以上の態様に従う、図２の外科用ロボットの、上記取付アーム、上記補強カラー、および上記取り付け機構を含むエンドエフェクタの一部、並びに切断器具の一部を示す側断面図である。

【図８】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットの上記切断ツールを示す上面図である。

【図９】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットの固有振動数を評価するための例示的な衝撃ツールの使用を示す図である。

【図１０】一例において、本開示の１つ以上の態様に従って、図９の固有振動数評価を通して検出された振動のグラフを示す図である。

【図１１】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのエンドアームセグメント、コネクタ組立体、およびエンドエフェクタを示す分解斜視図である

。
【図１２】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのエンドアームセグメント、コネクタ組立体、およびエンドエフェクタを示す別の分解斜視図である。
【図１３】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのエンドアームセグメント、コネクタ組立体、およびエンドエフェクタを示す別の分解斜視図である。
【図１４】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのエンドアームセグメント、コネクタ組立体、およびエンドエフェクタを示す側面図である。
【図１５】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのエンドアームセグメント、コネクタ組立体、およびエンドエフェクタを示す側断面図である。
【図１６】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのエンドアームセグメント、コネクタ組立体、およびエンドエフェクタを示す側面図である。
【図１７】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、エンドエフェクタと外科用ロボットの遠位アームセグメントとを結合するコネクタ組立体を示す立面斜視部分切断図である。
【図１８】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１７のコネクタ組立体を示す側断面図である。
【図１９】一例において、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのアームセグメントに対するエンドエフェクタおよび切断ブレードの配置によるモーメント力をグラフ的に示す図である。
【図２０】一例として、本開示の１つ以上の態様に従う、図１の外科用ロボットのエンドエフェクタ、切断ブレード、および遠位アームセグメントを示す立面斜視図である。
【発明を実施するための形態】
【００２７】
本開示の態様、およびその特定の例、特徴、利点、および詳細は、添付図面に図示された非限定的な例を参照して、以下により十分に説明される。周知の材料、製造ツール、処理技術などの説明は、関連する詳細を不必要に不明瞭にしないように省略する。しかしながら、詳細な説明および具体例は、本開示の態様を示すものではある一方、例示のためのものであり、限定を意味するものではない、ということが理解されるべきである。基礎となる発明概念の精神および／または範囲内で、様々な置換、変更、追加、および／または配置が、本開示から当業者には明らかであろう。
【００２８】
本開示全体を通して本明細書で使用される近似的な表現は、それが関連する基本的な機能に変化をもたらすことなく許容可能に変化し得る任意の定量的表現を修正するために適用され得る。したがって、「約」または「実質的に」などの用語によって修正される値は、特定された正確な値に限定されない。例えば、これらの用語は、±５％以下、例えば±２％以下、例えば±１％以下、例えば±０．５％以下、例えば±０．２％以下、例えば±０．１％以下、例えば±０．０５％以下を指すことができる。一部の例では、近似言語は、値を測定するための測定器の精度に対応する場合がある。動作パラメータまたは構成パラメータのいかなる例も、開示された実施形態の他のパラメータを排除するものではない。
【００２９】
本明細書で使用される用語は、特定の例を説明するためだけのものであり、限定を意図するものではない。本明細書で使用される場合、単数形「a」、「an」および「the」は、文脈上明らかにそうでないことが示されない限り、複数形も含むことが意図される。さらに、「一例（one example）」への言及は、言及された特徴も組み込んだ追加の例の存在を排除するものとして解釈されることを意図するものではない。さらに、反対のことが明示されない限り、用語「備える（comprising）」（および「備える（comprises）」や「備える（comprising）」など、「備える（comprising）」の任意の形）、

「有する（have）」（および「有する（has）」や「有する（having）」など、「有する（have）」の任意の形）、「含む（include）」（および「含む（includes）」や「含む（including）」など、「含む（include）」の任意の形）、および「含む（contain）」（および「含む（contains）」や「含む（containing）」など、「含む（contains）」の任意の形）は、オープンエンドの連結動詞として使用される。その結果、１つ以上のステップまたは要素を「備える（comprises）」、「有する（has）」、「含む（includes）」または「含む（contains）」例は、そのような１つ以上のステップまたは要素を有するが、そのような１つ以上のステップまたは要素のみを有することには限定されない。

【００３０】

本明細書で使用されるように、用語「してもよい（may）」およびまた「であってもよい（may be）」は、一連の状況内での発生の可能性、特定された特性、特徴、または機能の所有、および／または、修飾された動詞に関連する能力（ability）、能力（capability）、または可能性（possibility）の１つ以上を表現することによって別の動詞を修飾することを示す。したがって、「してもよい（may）」および「であってもよい（may be）」の用法は、修正された用語が、示された能力、機能、または用法に対して見かけ上適切である、可能である、または適していることを示す一方で、状況によっては修正された用語が適切でない、可能でない、または適していない場合があることを考慮に入れている。例えば、或る状況においては、或る事象や能力が期待できるが、他の状況においては、その事象や能力が発生しないことがある。この区別は、「してもよい（may）」や「であってもよい（may be）」という用語によって把握される。

【００３１】

本明細書において、用語「結合された（coupled）」および同様の用語は、直接的および間接的な連結の両方を指すために使用される。本明細書で使用される場合、特に断らない限り、用語「全体（entirety）」（および「全体（entire）」の他の形）は、少なくとも９５％または少なくとも９９％などの少なくとも実質的な部分を意味する。本明細書で使用される「全体（entirety）」（および「全体（entire）」の他の形）という用語は、別段の指示がない限り、それによって１００％に限定されない。本明細書において、用語「層（layer）」は、

【００３２】

任意の特定の実施形態に関して本明細書に記載、図示またはその他の方法で開示された構成要素、態様、特徴、構成、配置、用途などは、本明細書に開示された他の実施形態にも同様に適用され得る。

【００３３】

図１に示すように、特に、多関節ロボットアーム１２と、エンドエフェクタ１４と、切断ツール又は装置１６とを有するロボット又はロボットシステム１０が開示されている。図１に描かれているように、ロボットは外科用ロボットとして構成されてもよい。例えば、外科用ロボット１０は、生体適合性であってもよく、外科的設定で必要とされるような程度まで滅菌されるように構成されていてもよい。しかしながら、他の実施形態では、ロボット１０は、産業用または他の非外科用ロボット装置又はシステムとして構成されてもよい。図１～図１３に示される例示的な例示的ロボット／ロボットシステムの実施形態に関連して本明細書で使用される「外科用ロボット」という用語は、限定的な意味で意味するものではなく、「外科用ロボット」などに向けられた本明細書のあらゆる説明は、一般的なロボット／ロボットシステムまたは産業用ロボット／ロボットシステムもしくは他の非外科用ロボット／ロボットシステムにも等しく適用される。

【００３４】

以下にさらに説明するように、外科用ロボット１０は、その動作中の振動の発生および／または有害な影響を緩和するように構成されていてもよく、したがって、ロボット１０が自律的に動作することを可能にする精度および信頼性をもって、その切断ツール１６の切断経路を制御することができる。幾つかの他の実施形態では、外科用ロボット１０は、

所望の切断経路に沿って切断ツール１６を（或る程度まで）手動で並進させることをユーザに要求する、ユーザ誘導によるロボットとして構成され得る。

【００３５】

ロボット１０は、例えば多関節アーム１２の動きを介して切断ツール１６の動きを制御し、潜在的にはエンドエフェクタ１４の動作を制御するコンピュータシステム（例えば、メモリ、プロセッサなど）（図示せず）に動作可能に接続されていてもよい。例えば、幾つかの実施形態では、ロボット１０は、制御ユニットと、潜在的にユーザインターフェース（ＵＩ）とを含むロボットシステムの部分を備えていてもよい。上記制御ユニットは、少なくとも１つの処理回路と、少なくとも１つの入力／出力デバイスと、少なくとも１つのデータベースまたはその中に記憶された切断命令を有する少なくとも１つの記憶装置又はメモリとを含んでいてもよい。上記制御ユニットは、（例えば多関節アーム１２のセグメント間のジョイント角度を介してなど）切断ツール１６の位置を制御するための制御アルゴリズム又はプログラミングコードを有していてもよい。上記制御アルゴリズム又はプログラミングコードは、デフォルトの制御アルゴリズムであってもよいし、例えば、ＵＩ及び／又は別のインターフェースからの入力を含んでいてもよい。

【００３６】

多関節アーム１２は、図１に示すように、ベース（図示せず）から延び、複数の剛性アーム又は本体セグメント／部品と、隣り合うセグメントを連結する（および第１又はベースセグメントをベースに連結する）複数のジョイントとを含んでいてもよい。上記複数のジョイントは、例えば、それぞれ３つ、４つまたは５つのジョイントを介して結合される４つ、５つまたは６つの個々のセグメントを含んでいてもよい。幾つかの他の実施形態では、多関節アーム１２は、少なくとも２つのセグメントと、それらの少なくとも２つのセグメントを互いに結合する少なくとも１つのジョイントとを含んでいてもよく、あるいは、６つ以上のセグメントと、それらのセグメントを互いに結合する５つ以上のジョイントとを含んでいてもよい。

【００３７】

多関節アーム１２の各アームセグメントは、そのアームセグメントの長手方向長さに沿って延びる軸を画定していてもよい。上記ジョイントは、上記アームセグメント（複数）がそれらの軸の周りに回転できるように、および／または、隣り合うセグメントの軸が角度的にオフセットされるように互いに対して角度的に関節運動できるように、構成されていてもよい。幾つかの実施形態では、上記ジョイントの１つ以上は、隣り合うアームセグメント（及び、潜在的には、ベースセグメントとベース）の間の複数の自由度を可能にするように構成されていてもよい。このような幾つかの実施形態では、上記ジョイントの少なくとも１つは、６自由度を提供するように構成されていてもよい。多関節アーム１２は、隣り合うセグメント間の軸回転および／または角度の向きを調整するように構成されたモータ、アクチュエータまたは他の調整装置をさらに含んでいてもよい。このようにして、ロボット１０は、多関節アーム１２を利用して、切断ツール１０を空間内で三次元的に、かつワークピース（例えば、患者）に対して相対的に並進させ、最終的に、ワークピースの１つ以上の部分を切断することができる。上述したように、ロボット１０は、切断ツール１６の所定の動きを達成するために、特に、ロボット１０の多関節アーム１２が特定の仕方で調整（すなわち、ジョイントの調整）することを指示または指示する制御ソフトウェアを含むことができる。

【００３８】

外科用ロボット１０の上記ベースは、例えば、可動カートまたは地面に固定されていてもよく、それによって、上記ベースは、このベースに対する複数のジョイントおよび複数のアームセグメントの位置、向き、および動きを定めるための固定された参照フレームを提供し得る。上記ベースは、例えば、３次元の軸（例えば、ｘ，ｙ，ｚ）の組のような参照フレームを定めるために使用されてもよい。その参照フレームは、外科用ロボット１０および外科用ロボット１０に対する物体の位置、向き、および運動を定めるために使用され得る。上記ベースに対して定められた参照フレームは、世界フレーム、ベース、ベース

フレーム、フレーム、またはツールフレームとして知られているかも知れない。固定された参照フレームに相対して定められた又は計算された物体の位置及び向きで、上記物体も、外科用ロボット１０と同じ参照フレームに定められてもよく、外科用ロボット１０は上記物体の位置及び向きを計算してもよいことが、注記される。このように、外科用ロボット１０は、定められた物体、位置、および／または向きと、プログラム可能に相互作用することができる。

【００３９】

図２に示すように、エンドエフェクタ１４は、回転可能なコネクタ１９を介して、多関節アーム１２のエンド、最終又は終端セグメント１８に回転可能に結合されていてもよい。回転可能なコネクタ組立体１９は、エンドエフェクタ１４が、エンドアームセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２の周りに回転可能であるように構成されていてもよい。図１および図２に示され、さらに後述されるように、エンドエフェクタ１４は、エンドアームセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２と、エンドエフェクタ１４の長手方向軸Ｘ１－Ｘ１（および切断ツール１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３）とが、互いに対して角度をなすように構成されていてもよい。図示された例示的な実施形態では、エンドエフェクタ１４の長手方向軸Ｘ１－Ｘ１（および切断ツール１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３、および切断ツール１６の切断方向／経路１７（それに沿って、切断ツール１６が切断するように構成されている））と、エンドアームセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２とは、互いに実質的に垂直に向けられ、互いに交差していてもよい。また、図１および図２に示されているように、エンドエフェクタ１４は、長手方向軸Ｘ１－Ｘ１を中心とする概ね円筒状の形状（または長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に沿って直径が変化する形状）を形成し、長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に沿って延びていてもよい（すなわち、その最大幅／直径よりも大きい長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に沿った全長を定めている。）。上記円筒状の形状は、（例えば、トーショナルマスダンパを介して）振動を低減および／または緩和するのに有利であり得る。

【００４０】

図１をさらに参照すると、ベースに対する複数のジョイントおよび複数のアームセグメントの位置、向き、および動きが定められ得、多関節アーム１２のエンドアームセグメント１８に対するエンドエフェクタ１４の角度の向きが定められ得るので、エンドエフェクタ１４から延びる切断ツール１６の位置および向きは、ロボットシステム１０によって計算または決定され得る。別の例として、エンドエフェクタ１４から延びる切断ツール１６の位置および向きは、撮像システムを介して決定され得る。例示的な図示の切断ツール１６は、骨または他の組織を切断するように構成されているが、切断ツール１６は、異なる切断ツール、または、例えば、マーキング装置または観察装置として機能し得る非切断器具と取り替え可能である、ということが理解される。

【００４１】

図２～５、図７および図８に示すように、切断ツール１６は、ブレード本体部分２４の遠位先端または端部部分２２に刃先２３を有する、薄くて平坦な細長い形状を有する鋸ブレードであってもよい。薄くて平坦な設計は、切断ブレードの切り口の大きさを最小にし、切断ブレードが正確で直線的な切断を行うことを可能にする。刃先２３は、一般に、ブレードの伸長方向と直交する方向に沿って向けられ、複数の歯および／または研磨物を含むことができる。したがって、切断ブレード１６が切断経路に沿って並進されるとき、刃先２３は、その切断経路または方向１７に沿って並進されるので、切除を必要とする骨または他の組織の表面に押し付けられ得る。鋸ブレード１６は、図４および図５に示すように、ブレード本体２４の遠位端部２２から前方に延びる切断歯を備える。

【００４２】

図７に示すように、切断ツール鋸ブレード１６は、近位端部分に、取付、タングまたはハブ部分２０を含んでいる。取付部分２０は、図２～５および図７に示すように、エンドエフェクタ１４の取付機構４０に取り付けるように構成されていてもよい。例えば、エンドエフェクタ１４は、チャックまたは他の取付機構４０を含み、この取付機構４０は、取付部分２０と嵌合し、鋸ブレード１６（または他の切断ツール）とエンドエフェクタ１４

とを一緒に取り外し可能に固定するように構成されていてもよい。切断ツール鋸ブレード１６の軸Ｘ３－Ｘ３は、取付部分２０、本体部分２４、および先端部分２２（したがって刃先２３）を通って延びていてもよく、また、切断ブレード１６は、軸Ｘ３－Ｘ３に沿って長手方向に延びていてもよい。以下にさらに説明するように、切断ブレード１６は、少なくとも、軸Ｘ３－Ｘ３に垂直に延びる（ブレード１６の平面に沿って横たわる）横方向に沿って、軸Ｘ３－Ｘ３に関して実質的に対称に構成されていてもよい。

【００４３】

切断ツール１６（例えば、少なくともその刃先２３）は、往復運動（前方ストローク及び／または後方ストロークに沿って）で、直線方向（刃先と平行な方向）に沿って、平面に沿って（例えば、二次元）、または三次元パターンでなど、切断経路１７内で移動／並進されると、切断するように構成され得る。図２～図５、図７および図８に示されている例示的な図示の切断ブレード１６は、ブレード１６が方向付けられる平面に沿って延び、かつブレードの伸長方向と直交する切断経路１７において、前後に回動又は振動されるように構成されている。切断ブレード１６は、切断方向または経路１７が、横方向に直線的に、または、ブレード１６の平面に沿って延びる円弧状に、振動するように設計されていてもよい。それにより、切断ブレード１６は、サジタル鋸ブレードとして構成されていてもよい。幾つかの他の実施形態では、切断ツール１６は、長手方向軸Ｘ３－Ｘ３に沿って前後に移動しながら切断するように構成されたブレード、または、軸Ｘ３－Ｘ３の周りに回転しながら切断するように構成されたツールを備えていてもよい。

【００４４】

以下にさらに説明するように、外科用ロボット１０は、多関節アーム１２、エンドエフェクタ１４および／または切断ブレード１６（およびそれらのサブ構成要素）を通過する振動の発生を防止および／または軽減するように構成されている。外科用ロボット１０は、あらゆる振動が発生する可能性を防止および／または緩和し、適切に制御し、それによって、ロボット１０は、意図された経路に沿って切断ツール１６の切断経路の制御を維持することができる。また、外科用ロボット１０は、発生する振動を介してその損傷および／または故障の可能性を防止および／または軽減するように構成されている。それにより、外科用ロボット１０の振動の防止および緩和の特徴は、切断ツール１６を介した組織（例えば、骨および／または軟組織）の、安全で、正確かつ信頼性の高い切断を提供する。さらに、振動の防止および緩和の特徴のおかげで、外科用ロボット１０は、完全に自律的に動作するように構成され得、それによって、ユーザがエンドエフェクタ１４および切断ツール１６を物理的に動かすことなく、ロボット１０が（メモリに記憶された予め計画された切断経路に従うことを介して）予め決定された／プログラムされた外科的切断を実行することができる。ロボット１０の振動の防止および緩和の特徴は、特定のロボット（またはロボットシステム）または関連するロボットの方法において、個々に又は組み合わせて（例えば、全てまたは幾つか）利用され得る、ということが注記される。

【００４５】

幾つかの実施形態では、外科用ロボット１０の振動の防止および緩和の特徴は、振動防止／緩和器具設計、振動防止／緩和器具マウント、振動防止／緩和器具操作（ツール運動の振動防止／緩和最適化などであるが、これらに限定されない）、および振動防止／緩和アドオン部品（チューンドマスダンパなどであるが、これらに限定されない）を備えていてもよい。

【００４６】

図２～図８を参照すると、幾つかの実施形態では、ロボット１０のエンドエフェクタ１４は、切断ブレードとして構成されている切断ツール１６を、振動的な切断方向又は経路１７に沿って振動させる（すなわち、前後に並進させる）ように構成されていてもよい。上述したように、切断ツール１６は、サジタル切断ブレードとして構成されていてもよく、振動的な切断経路１７は、ブレードによって画定される平面に沿って延びていてもよい。切断ツールがサジタル鋸ブレードとして構成される場合、ブレードは、ブレード（およびその切断歯２３）が振動的な切断経路１７に沿って振動される際に（すなわち、切断ス

トロークにおいて）、結合部分２０から先端部分２２に延びる方向に長手方向軸Ｘ３－Ｘ３に沿って（例えば、多関節アーム１２を介して、少なくとも部分的に）並進されることによって、切断動作を行う。エンドエフェクタ１４によって加えられる振動的な切断経路１７に沿った運動、および、ロボット１０によって（例えば、少なくとも部分的に多関節アーム１２を介して）加えられる前方への圧力のおかげで、切断ツール１６の歯２３は、材料（例えば、骨組織などの組織）を切断し、分離する。

【００４７】

振動的な切断経路１７は、図４に示すように、振動軸Ｒ１－Ｒ１（この軸を中心として振動が起こる）を定めることができる。それにより、振動軸Ｒ１－Ｒ１は、切断ツール１６の前後運動の両極端に対向する端部または振幅の中間にある振動的な切断経路１７の中心を表す。振動的な切断経路１７は、直線状であってもよいし、図４および図５に示すように、その回転点または軸Ｒ１－Ｒ１から延びる半径によって画定される湾曲した又は弧状の経路であってもよい。それによって、振動的な切断経路１７と、切断ブレード１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３（したがって、振動的な切断経路１７の振動軸Ｒ１－Ｒ１）とは、互いに対して実質的に垂直に向いていてもよい。幾つかの実施形態では、振動／回転軸Ｒ１－Ｒ１は、ブレード１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３に沿って横たわっていてもよく、また、振動／回転軸Ｒ１－Ｒ１は、ブレード１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３およびエンドエフェクタ１４の長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に対して垂直に向けられていてもよい。幾つかの実施形態では、振動／回転軸Ｒ１－Ｒ１は、エンドアームセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２に対して実質的に平行に向けられ、および／または、ブレード１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３およびエンドエフェクタ１４の長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に沿って（すなわち、交差して）配置されていてもよい。

【００４８】

幾つかの実施形態では、振動的な切断経路１７は、図２に示すように、切断ブレード１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３に対して実質的に平行に、かつエンドエフェクタ１４の長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に対して実質的に平行に向けられた平面に沿って延びていてもよい。図２に示すように、振動的な切断経路１７は、エンドアームセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２に対して実質的に法線方向に向けられた平面に沿って延びていてもよく、また、図４および図５に示すように、振動的な切断経路１７は、ブレード１６（およびエンドアームセグメント１８）の振動／回転軸Ｒ１－Ｒ１に対して実質的に法線方向に向けられた平面に沿って延びていてもよい。このような配置は、予想外に有利に、ロボットシステム１０に影響を及ぼす振動的な力（例えば、振動の総量および／またはそれらの大きさ）を低減し、および／または、ロボットシステム１０の構成要素に対する有害な振動的摩耗をより少なくする結果となり得る、ということが注記される。

【００４９】

図３には、図１及び図２の外科用ロボットシステム１０のエンドエフェクタ１４の向きとは異なる向きのエンドエフェクタ１１４を含む別の例示的な外科用ロボットシステム１１０が示されている。図３の外科用ロボット１１０は、本明細書に記載される外科用ロボット１０と実質的に類似しており、したがって、「１」で先行される同様の参照数字は、同様の構成要素、態様、部分、機能、プロセスなどを示すために使用され、それらに向けられた上記の説明も同様に適用され、簡潔性および明瞭性の目的のために繰り返されない。

【００５０】

外科用ロボット１１０は、ロボットアーム及びエンドエフェクタの向きにおいて、外科用ロボット１１とは異なる。図３に示すように、外科用ロボット１１０のロボットアーム１１２及びエンドエフェクタ１１４は、振動／回転軸Ｒ１－Ｒ１がエンドアームセグメント１１８の軸Ｘ２－Ｘ２に対して実質的に垂直に向けられるように構成されている。したがって、振動的な切断経路１７は、エンドアームセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２に対して実質的に平行に配向された平面に沿って延びている。ロボットアーム１１２（特に、そのエンドアームセグメント１１８）と外科用ロボット１１０のエンドエフェクタ１１４との

他の相対的配向が採用され得る、ということが注記される。

【００５１】

図４および図１０に示すように、取付機構４０は、切断ツール１６とエンドエフェクタ１４とを確実かつ信頼性をもって取り外し可能に結合するように構成されている。取付機構４０は、エンドエフェクタ１４の一部であってもよいし、エンドエフェクタ１４に取り付けられていてもよい。図７に示すように、取付機構１２は、切断ツール１６の面（複数）または側面（複数）（例えば、相対する面（複数））に係合し、潜在的にそこに圧縮力を加えるように構成され得る。それにより、調整部材３８は、クランプ機構を有効にするために（例えば、手動で）ユーザによって利用され、それによって、クランプ部材を、その係合面間の空間を拡大することによって「開き」、または、クランプ部材を、その係合面間の空間を最小にすることによって「閉じる」ことができる。幾つかの実施形態では、クランプ機構は、例えば、切断ツール１６の平面に対して法線方向に延びる方向に沿って上記係合面間の距離を（例えば、手動で）調整するように構成され得る。しかしながら、取付機構４０は、エンドエフェクタ１４が切断経路１７に沿って切断ツール１６の運動をもたらすように、切断ツール１６とエンドエフェクタ１４とをしっかりと結合する任意の構成を備えることができる、ということが注記される。

【００５２】

図４～図７に示すように、エンドエフェクタ１４は、取付アーム３０を含み、この取付アーム３０は、エンドエフェクタ１４の駆動又は運動部分３７の一部に（直接的または間接的に）結合され、そこから長手方向に延びていてもよい。また、取付アーム３０は、取付機構４０に（直接的または間接的に）結合されていてもよい。それにより、取付アーム３０は、切断ツール１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３およびエンドエフェクタ１４の長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に沿うように、（少なくとも部分的に）エンドエフェクタ１４の駆動部分３７と取付機構４０との間に（直接的または間接的に）結合され、長手方向に延在していてもよい。エンドエフェクタ１４の駆動部分３７は、結局、切断経路１７に沿った切断ツール１６の運動（例えば、振動）をもたらす物理的運動（例えば、振動）を提供する機構である。上述したように、駆動部分３７は、図７に示すように、物理的運動をもたらすモータまたは他の装置もしくはシステムを備えていてもよい。

【００５３】

図７に示すように、幾つかの実施形態では、取付アーム３０は、エンドエフェクタ１４の一部から長手方向に延びるハウジング３６の内部空洞内に配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、ハウジング３６が駆動部分３７を介してエンドエフェクタ１４自体に対して並進しないように、ハウジング３６は、エンドエフェクタ１４に固定的に結合されていてもよい。このようにして、ハウジング３６は、図５に示されるように、また以下にさらに説明されるように、切断経路１７および／または取付アーム３０の運動経路１５に沿って並進しなくてもよい。例えば、駆動部分３７は、ハウジング３６内で取付経路（例えば、振動経路）１５に沿って取付アーム３０を並進させるように構成され、それによって、ハウジング３６が取付経路１５に沿って並進しないようにしてもよい（すなわち、取付アーム３０がハウジング３６に対して並進してもよい）。幾つかの代替実施形態では、ハウジング３６が駆動部分３７を介してエンドエフェクタ１４自体に対して並進するように、ハウジング３６は、エンドエフェクタ１４に結合され得る。例えば、幾つかのそのような代替実施形態では、ハウジング３６は、駆動部分３７を介して、切断経路１７および／または取付アーム３０の取付経路１５に沿って並進することができる。

【００５４】

図２及び図７に示すように、取付機構４０は、ハウジング３６の長手方向端部部分と結合されていてもよい。ハウジング３６は、エンドエフェクタ１４全体に対して、特に駆動部分３７に対して、取付機構４０の位置（例えば、長手方向、横方向及び高さ方向の位置）を全体として固定することができる。取付機構４０の少なくとも幾つかの部分は、長手方向および横方向に対して垂直に延びる高さ方向の周りに回転および／または高さ方向に沿って並進することができる、ということが注記される。取付アーム３０および取付機構

４０、ひいては切断ツール１６（取付機構４０と結合された場合）は、取付経路１５に沿った（例えば、横方向に沿った）取付アーム３０の運動が、切断経路１７に沿った（例えば、横方向に沿った）切断ツール１６の運動をもたらすように、一緒に固定されていてもよい。例えば、取付機構４０は、ハウジング３６が、回転軸Ｒ１－Ｒ１と１列に並ぶ（又は画定する）軸を画定するシャフトの位置を固定するように構成され得る。取付アーム３０の結合端部分３５は、上記シャフトに結合され、回転可能に固定されていてもよい。このようにして、駆動部分３７は、駆動部分３７に取り付けられている取付アーム３０の駆動結合端部分３３を取付経路１５に沿って往復運動させ、結合端部分３５に上記シャフトを回転させ、従って、切断ツール１６に結合されている取付機構４０の構成要素を回転軸Ｒ１－Ｒ１の周りに回転させ、それによって、切断ツール１６が切断経路１７を往復移動する。

【００５５】

幾つかの実施形態では、図４及び図５に示すように、取付アーム３０の取付経路１５及び切断ツール１６の切断経路１７は、回転軸線Ｒ１－Ｒ１を横切って長手方向に互いに鏡像であってもよい。幾つかのそのような実施形態では、回転軸線Ｒ１－Ｒ１は、取付アーム３０および／または補強カラー／スリーブ５０などの取付機構４０によって画定されていてもよい。上述したように、ハウジング３６は、取付機構４０の長手方向および横方向の位置を固定することができる。それにより、図４に示すように、取付アーム３０の取付経路１５および切断ツール１６の切断経路１７の中心または振動軸Ｘ３－Ｘ３は、整列され、回転軸Ｒ１－Ｒ１を通過することができる。それにより、第１の横方向への取付経路１５に沿った取付アーム３０の横方向の運動は、第１の横方向に相反する第２の横方向への切断経路１７に沿った切断ツール１６の横方向の運動をもたらす。したがって、エンドエフェクタ１４の駆動部分３７を介した取付アーム３０の振動は、切断経路１７に沿った切断ツール１６の振動をもたらす。

【００５６】

幾つかの実施形態では、少なくともエンドエフェクタ１６の取付アーム３０および切断ツール１６（例えば、鋸／切断ブレード）は、それらの質量変位を介してそれらの振動によって引き起こされる振動を緩和するように構成されている。幾つかのそのような実施形態では、エンドエフェクタ１４および切断ツール１６の振動によって引き起こされる振動を緩和するために、少なくとも取付アーム３０および切断ツール１６は、その振動軸Ｘ３－Ｘ３を横切って（および長手方向軸Ｘ１－Ｘ１を横切って）実質的に質量がバランスされている。例えば、取付アーム３０の重量の最適化を介して、取付アーム３０の質量中心は、その振動軸Ｘ３－Ｘ３に沿って、または実質的に沿って配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、取付アーム３０の質量中心は、長手方向軸Ｘ１－Ｘ１（取付経路１５に沿ったその中立位置又は中心位置）に沿って、または長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に実質的に沿って配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、取付アーム３０の物理的構成は、長手方向軸Ｘ１－Ｘ１を横切る横方向に鏡像であってもよい。同様に、切断ツール１６の質量中心は、その振動軸Ｘ３－Ｘ３に沿って、または振動軸Ｘ３－Ｘ３と実質的に整列して配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、切断ツール１６の重量の最適化を介して、切断ツール１６の重心は、長手方向軸Ｘ１－Ｘ１（切断経路１７に沿ったその中立位置又は中心位置）に沿って、または長手方向軸Ｘ１－Ｘ１と実質的に整列して配置されてもよい。幾つかの実施形態では、切断ツール１６の物理的構成は、長手方向軸Ｘ１－Ｘ１を横切って横方向に鏡像であってもよい。ロボット１０の動作中に振動する可能性のある、取付機構４０を含むエンドエフェクタ１４の如何なる他の構成要素も、その質量中心がその振動軸に沿って実質的に質量がバランスされるように構成され得る、ということが注記される。幾つかの実施形態では、取付アーム３０および切断ツール１６の質量中心は、それぞれ、振動軸Ｘ３－Ｘ３から、取付経路１５又は切断経路１７に沿って延びる（例えば、横方向に延びる）それらの合計／最大サイズの１０％以内、または８％以内、または６％以内、または５％以内、または４％以内、または３％以内、または２％以内、または１％以内に配置されている。

【００５７】
図４、図５及び図７に示すように、取付アーム３０および切断ツール１６の重量の最適化を介して、幾つかの実施形態では、組み合わされた取付アーム３０及び切断ツール１６の質量中心Ｃ１は、それらの振動軸Ｘ３－Ｘ３に沿って、または振動軸Ｘ３－Ｘ３と実質的に整列して配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、組み合わされた取付アーム３０および切断ツール１６の質量中心Ｃ１は、（取付経路１５及び切断経路１７に沿ったそれらの中立位置又は中心位置において）長手方向軸Ｘ１－Ｘ１に沿って、または長手方向軸Ｘ１－Ｘ１と実質的に整列して配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、少なくとも取付アーム３０および切断ツール１６の重量の最適化を介して、組み合わせられた取付アーム３０、取付機構４０および切断ツール１６の重心Ｃ１は、それらの振動軸Ｘ３－Ｘ３に沿って、または振動軸Ｘ３－Ｘ３と実質的に整列して配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、組み合わされた取付アーム３０、取付機構４０および切断ツール１６の質量中心Ｃ１は、長手方向軸Ｘ１－Ｘ１（取付経路１５および切断ツール１６の切断経路１７に沿ったそれらの中立位置又は中心位置）に沿って、または長手方向軸Ｘ１－Ｘ１と実質的に整列して配置されていてもよい。幾つかの実施形態では、取付アーム３０、取付機構４０および切断ツール１６の構成体の質量中心は、振動軸Ｘ３－Ｘ３及び／又は回転軸Ｒ１－Ｒ１から、それぞれ取付経路１５及び切断経路１７に沿って延びる（例えば、横方向に延びる）その構成体の最大サイズの１０％以内、または８％以内、または６％以内、または５％以内、または４％以内、または３％以内、または２％以内、または１％以内に配置されている。

【００５８】
幾つかの実施形態では、少なくともエンドエフェクタ１６の取付アーム３０および切断ツール１６（例えば、鋸／切断ブレード）は、それらの総質量を介して、それらの振動によって引き起こされる振動を緩和するように構成されている。例えば、ロボット１０の場合に側面に伝達される振動的な力／運動の振幅を低減するために、少なくともエンドエフェクタ１６の取付アーム３０および切断ツール１６（例えば、サジタル鋸／切断ブレード）は、それらの総質量が最小化されるように構成されている。例えば、エンドエフェクタ１６（取付機構４０を含む）またはロボットアーム１２の如何なる他の振動構成要素もまた、振動中にそれによって引き起こされる振動的な力／運動の振幅を最小化するために、それらの総質量を最小化するように構成され得る、ということが注記される。

【００５９】
図６に示すように、幾つかの実施形態では、取付アーム３０は、近位の又は駆動結合端部分３３と、遠位の切断ツール結合端部分３５と、駆動結合端部分３３と切断ツール結合端部分３５との間に長手方向に延びる本体部分３１とを含んでいてもよい。それにより、図５に示すように、駆動結合端部分３３は、取付アーム３０の一方の長手方向端部を画定することができ、切断ツール結合端部分３５は、取付アーム３０の他方の長手方向端部を画定することができる。取付アーム３０は、長手方向に沿って延びていてもよいし、細長くてもよい（すなわち、横方向に沿ったその幅よりも長手方向に沿って長い。）。

【００６０】
幾つかの実施形態では、図６に示されるように、駆動結合端部分３３は、本体部分３１および切断ツール結合端部分３５から角度的にオフセットされていてもよい（しかし、本質的に長手方向に整列されている。）。例えば、本体部分３１および切断ツール結合端部分３５は、長手方向に（例えば、直線的に）延びていてもよく（向けられていてもよく）、駆動結合端部分３３は、それに対して実質的に垂直に角度を付けられて（延びて／向けられて）いてもよい。上述したように、駆動結合端部分３３は、エンドエフェクタの駆動部分３７と結合するように構成されていてもよい。

【００６１】
切断ツール結合端部分３５は、取付機構４０と結合するように構成されていてもよい。例えば、図６に示すように、切断ツール結合端部分３５は、その自由端から延びる軸方向／長手方向スロットを含んでいてもよい。軸方向／長手方向スロットの側壁は、図６およ

び図７に示されるように、駆動部分３７を介した取付アーム３０の取付経路１５に沿った移動が切断ツール１６を切断経路１７に沿って並進させるように、非円形（例えば、長円形）シャフトに係合するか、さもなければ取付機構４０の一部に係合していてもよい。言い換えれば、切断ツール結合端部分３５は、振動軸Ｒ１－Ｒ１の周りにそこにトルクを加えるために、取付機構４０の一部に駆動的に係合することができる。

【００６２】

図６及び図７にも示すように、取付アーム３０の結合端部分３５は、補強スリーブ又はカラー５０と嵌合する自由端開口／スロットの周りに延びる保持凹部又は溝５２を含むことができる。これにより、補強カラー５０の軸方向端部は、保持溝５２内に存在し、結合端部分３５を強化する。幾つかのそのような実施形態では、補強カラー５０は、結合端部分が切断作業中のねじり力及び振動力に適切に耐えるように、結合端部分３５に必要な強度を提供することができる。

【００６３】

補強カラー５０は、自由端開口／スロットおよび振動軸Ｒ１－Ｒ１と実質的に整列する内側開口又は貫通孔を画定していてもよい。幾つかの実施形態では、補強カラー５０の内側開口は、振動軸Ｒ１－Ｒ１を画定するように作用してもよい。取付機構４０は、補強カラー５０と嵌合／結合し、かつエンドエフェクタ１４による切断ツール１６の選択的クランプを形成／動作させる構成要素を含んでいてもよい。例えば、取付機構４０は、補強カラー５０の内側開口を通って／内側で軸方向に延びるクランプシャフトと、補強カラー５０に（直接的または間接的に）取り付けられた手動操作ノブ又はレバーとを含んでいてもよく、この手動操作ノブ又はレバーは、上記クランプシャフトを回転させ（または上記シャフト上の構成要素を回転させ）、それによって、１つ以上の切断ツールクランプ部材の軸方向移動を引き起こしてもよい。幾つかの実施形態では、振動軸Ｒ１－Ｒ１の周りの切断経路１７に沿った取付アーム３０の移動の間、補強カラー５０は、取付アーム３０を介して振動軸Ｒ１－Ｒ１の周りに回転されてもよい（すなわち、取付アーム３０および補強カラー５０は、回転可能に固定されていてもよい）。幾つかの他の実施形態では、振動軸Ｒ１－Ｒ１の周りの切断経路１７に沿った取付アーム３０の移動の間、補強カラー５０は静止したままで（例えば、ハウジング３６に結合されることを介して）、それによって、結合端部分３５が保持スロットを介して補強カラー５０上を摺動するようにしてもよい。

【００６４】

上述したように、幾つかの実施形態では、エンドエフェクタ１４は、取付アーム３０と切断ツール１６とが一緒に固定され、回転軸Ｒ１－Ｒ１の周りに回転するように構成されていてもよい。このような実施形態では、切断ツール結合端部分３５は、回転軸Ｒ１－Ｒ１を画定または形成する取付機構４０の一部（例えば、回転シャフト）に係合して回転してもよい。幾つかの他の実施形態では、エンドエフェクタ１４は、取付アーム３０が切断経路１７に沿って切断ツール１６を直接並進させる（すなわち、取付経路１５が切断経路１７と同じである）ように構成されていてもよい。

【００６５】

図６に示すように、エンドエフェクタ１６の取付アーム３０は、その総質量を最小化するために、少なくとも１つの開口または空洞を含んでいてもよく、それによって、取付アーム３０によってその振動中に引き起こされる如何なる振動的な力／運動の振幅をも最小化してもよい。例えば、幾つかの実施形態では、駆動結合端部分３３は、図６に示すように、少なくとも１つの貫通孔として構成され得る少なくとも１つの開口３４を含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、取付アーム３０の本体部分３１は、その総質量を最小化するために、少なくとも１つの開口または空洞を含んでいてもよく、それによって、取付アーム３０によってその振動中に引き起こされる如何なる振動的な力／運動の振幅をも最小化してもよい。例えば、幾つかの実施形態では、本体部分３１は、図６に示すように、少なくとも１つの貫通孔として構成され得る少なくとも１つの開口３２を含んでいてもよい。本体部分３１の少なくとも１つの開口３２は、図６に示すように、軸方向／長手方向に沿って延在していてもよいし、細長くなっていてもよい。幾つかの実施形態では、取付

アーム３０の少なくとも１つの開口または空洞は、取付アーム３０の長手方向軸の中心に配置されてもよい。

【００６６】

図８に示すように、切断ツール１６（例えば、サジタル鋸ブレード）は、その総質量を最小にするために、少なくとも１つの開口または空洞２５を含んでいてもよく、それによって、切断ツール１６によってその振動中に引き起こされる如何なる振動的な力／運動の振幅をも最小限にしてもよい。例えば、幾つかの実施形態では、切断ツール１６は、一方の長手方向／軸方向端部に取付部分２０を有し、一方の長手方向／軸方向端部に切断部分を有し、それらの間に、１つの開口又は空洞２５を含み長手方向／軸方向に延びる本体部分２４を有するように構成されていてもよい。例えば、図８に示すように、切断ツール１６の本体部分２４は、軸方向／長手方向に間隔を空けて配置された複数の貫通孔２５を含んでいてもよい。軸方向／長手方向に間隔を空けて配置された貫通孔２５のうちの少なくとも１つは、図８に示すように、軸方向／長手方向に沿って延在していてもよいし、細長くなっていてもよい。幾つかの実施形態では、切断ツール１６の少なくとも１つの開口又は空洞２５は、切断ツール１６の長手方向軸Ｘ３－Ｘ３の中心に配置されていてもよい。

【００６７】

図９および図１０を参照すると、ロボット１０は、ロボット１０又はその態様の固有振動数又はその近傍にある（あるいは、ロボット１０又はその態様の固有振動数又はその近傍にある周波数をロボット１０に引き起こす）エンドエフェクタ１４の動作の周波数を回避することによって、振動の発生を防止し、および／または、振動的な力／運動の振幅を制限するように構成され得る。このようにして、ロボット１０は、エンドエフェクタ１４が、ロボット１０の固有振動数よりも（少なくともその３％、少なくともその５％、少なくともその７％、または少なくともその１０％など）大きいか又は小さい周波数で動作するように構成され得る。幾つかの実施形態では、エンドエフェクタ１４は、取付アーム３０のようなエンドエフェクタ１４の構成要素、および／または、切断ツール１６が、ロボット１０の固有振動数よりも（少なくともその３％、少なくともその５％、少なくともその７％、または少なくともその１０％など）大きいかまたは小さい振動数で動作するように構成され得る。

【００６８】

この技術分野で知られているように、ロボット１０は、固有振動数を有し、駆動力または減衰力がない場合にその固有振動数で振動する傾向がある。エンドエフェクタ１４の駆動部分３７（例えば、モータ）などから、周期的な力がロボット１０に加えられると、その周期性が上記システムの固有振動数であるか、または固有振動数に近い場合、その振動の振幅は急激に増大する。この自然現象は共振として知られている。

【００６９】

幾つかの実施形態では、切断ツール１６を介した切断動作中に、エンドエフェクタ１４によるそのような周波数の発生が回避されるように、ロボット１０の固有振動数または共振が評価されてもよい。例えば、図９に示すように、幾つかの実施形態では、エンドエフェクタ１４（または切断ツール１６または多関節アーム１２など）に、周期的ハンマ装置、関連もしくは類似の装置、またはシステム５５を介して（例えば、衝撃ハンマまたは他の装置を介して）、或る周波数範囲にわたって力が加えられてもよい。幾つかのそのような実施形態では、周期的な力／運動は、軸方向／長手方向（例えば、直交座標系上のＸ方向／向き）に沿って、横方向（ブレード１６および／または切断経路１７および／または運動経路１５の平面に沿った、軸方向／長手方向に垂直な方向）（例えば、直交座標系上のＹ方向／向き）に沿って、および／または、上記長手方向および横方向に直交する鉛直方向もしくは高さ方向（例えば、直交座標系上のＺ方向）に沿って、加えられてもよい。このような周期的な力／運動の印加の間、ロボット装置１（例えば、エンドエフェクタ１４および／または切断ブレード１６）の位置的または空間的な動きは、１つ以上の位置センサまたは他の装置を介するなどして、監視され得る。それによって、固有振動数帯、および比較的大きな振幅の振動を生じる他の振動数が決定され得る。例えば、幾つかの実施

形態では、それによって、図９に示すように、エンドエフェクタ１４および／または切断ブレード１６におけるＸ、ＹおよびＺ方向について、固有振動数帯、および比較的大きな振幅の振動を生じる他の周波数が決定される。

【００７０】

ロボット１０の固有振動数を考慮して（例えば、エンドエフェクタ１４またはその近傍に加えられる周期的な力／運動を介して）ロボット１４のエンドエフェクタ１４を構成し、切断動作中（すなわち、エンドエフェクタ１４の駆動部分３７の動作中）に発生する振動的な力／運動の振幅を緩和するために、エンドエフェクタ１４の駆動部分３７は、図１０に示されるように、決定された固有振動数とは実質的に異なる周波数で、潜在的動作周波数範囲内で動作するように構成され得る。潜在的動作周波数範囲とは、切断ツール１６が所望の材料（例えば、骨）を好適に／適正に／適切に切断するように構成される切断経路１７に沿った切断ツール１６の振動数／周波数を結局もたらす駆動部分３７（例えば、モータ）の周波数である。例えば、幾つかの実施形態では、エンドエフェクタ１４は、駆動部分３７が、潜在的動作周波数範囲内であるが、決定された共振周波数（上述したように）より大きいか又は小さい周波数で動作するように、または、さもなければ、固有振動数の決定中に比較的最小の振動振幅を生じた周波数（例えば、Ｘ、Ｙ及びＺ方向）に対応するように、構成又は調整されてもよい。幾つかの実施形態では、エンドエフェクタ１４の駆動部分３７は、駆動部分３７によって振動されるロボット１０の構成要素（例えば、取付機構４０および／または切断ブレード１６）が、潜在的動作周波数範囲内であるが、決定された共振周波数より大きいか又は小さい周波数（例えば、Ｘ、ＹおよびＺ方向）で振動するように、または、さもなければ、固有振動数決定中に比較的最小の振動振幅を生じた周波数に対応するように、（例えば、或る周波数で）動作され得る（上述のように）。

【００７１】

また、図１０に示すように、幾つかの実施形態では、ロボット１０は、その固有振動数が所望の動作周波数範囲内または実質的にその近傍に入らないようにその固有振動数をシフトさせるようにロボット１０の質量を調整することによって、エンドエフェクタ１４の駆動部分３７によって加えられる力／運動からの有害な振動の発生を最小化するように構成され得る。例えば、エンドエフェクタ１４で／エンドエフェクタ１４によって加えられる周期的な力を介してロボット１０を通して同様に高められた振動（例えば、高められた振幅）を生じさせる固有振動数または他の振動数を決定した後、駆動部分３７（または駆動部分３７によって作用される）の所望の動作周波数または周波数範囲をそれと比較して、オーバーラップが有るか否かを決定してもよい。オーバーラップが有る場合、幾つかの実施形態では、ロボット１０（エンドエフェクタ１４および／または切断ツール１６など）に重量（すなわち、質量）を加えて、固有振動数および有害振動数（すなわち、比較的高い振幅を有する振動数）を低下させ、それにより、固有振動数および有害振動数の周波数を、駆動部分３７の所望の動作範囲（すなわち、エンドエフェクタ１４の周期的に加えられる力）から外れるように低下させてもよい。同様に、図１０に示されるような幾つかの他の実施形態では、固有振動数および有害振動数と所望の動作範囲との間にオーバーラップがある場合、ロボット１０から（例えば、エンドエフェクタ１４および／または切断ツール１６から）重量（すなわち、質量）を除去して、固有振動数および有害振動数（すなわち、比較的高い振幅を有する振動数）を増加させ、それにより、固有振動数および有害振動数が駆動部分３７（すなわち、エンドエフェクタ１４の周期的に加えられる力）の所望の動作範囲から外れるように、固有振動数および有害振動数を低下させてもよい。

【００７２】

図１、図２、および図１１～図１６に示すように、エンドエフェクタ１４は、フランジコネクタ組立体１９を介して多関節アーム１２のエンド（又は遠位又は最終）アームセグメント１８に結合されていてもよい。例えば、フランジコネクタ組立体１９の少なくとも一部は、エンドアームセグメント１８の遠位端部分とエンドエフェクタ１４の側部（例えば、上側部分または横側部分）との間に配置されていてもよい。フランジコネクタ組立体

１９は、例えば、搭載フランジコネクタ組立体、外科用ロボットアームフランジコネクタ組立体、または出力フランジコネクタ組立体、または単にコネクタ組立体とも呼ばれ得る。

【００７３】

フランジコネクタ組立体１９は、エンドアームセグメント１８の回転調節部分７０とエンドエフェクタ１４とを結合するように構成されている。例えば、回転調節部分７０は、エンドアームセグメント１８とエンドエフェクタ１４とを回転可能に結合し、それによって、エンドエフェクタ１４がエンドアームセグメント１８と調節可能に回転可能に結合され、エンドエフェクタ１４が長手方向軸Ｘ２－Ｘ２の周りに回転するようにしてもよい。これにより、回転調節部分７０は、長手方向軸Ｘ２－Ｘ２の周りにエンドエフェクタ１４、したがって切断ツール１６を選択的に回転させるモータ式のジョイント等であってもよい。幾つかの実施形態では、調節部分７０は、それが、エンドアームセグメント１８に対するエフェクタ１４の向き（長手方向軸Ｘ２－Ｘ２の周りなど）に作用するか又は調節するように、動力（例えば、モータまたは他の移動機構を含む）が与えられてもよい。幾つかの実施形態では、調節部分７０は、エンドアームセグメント１８および／またはエンドエフェクタ１４に固定的に（すなわち、回転不能に）結合され得る。他の幾つかの実施形態では、調節部分７０は、エンドアームセグメント１８および／またはエンドエフェクタ１４に回転可能に結合されていてもよい。

【００７４】

幾つかの実施形態では、エンドアームセグメント１８（例えば、その調節部分７０）は、フランジコネクタ組立体１９を介してエンドエフェクタに結合されていてもよく、また、フランジコネクタ組立体１９は、選択的に迅速かつ容易に手動でエンドエフェクタ１４をエンドアームセグメント１８から取り外すためのクイックコネクタとして構成されていてもよい。幾つかのそのような実施形態では、フランジコネクタ組立体１９は、第１および第２のクイックコネクタのような２つのコネクタ組立体として構成されていてもよい。図１１から図１６に示すように、フランジコネクタ組立体１９は、エンドセグメント１８とフランジ部材又はプレート７６の第１の側部とを選択的／取り外し可能に固定的に結合する第１の連結組立体７２（例えば、第１のクイックコネクタ組立体）と、フランジ部材又はプレート７６の第２の側部とエンドエフェクタ１４とを選択的／取り外し可能に固定的に結合する第２の連結組立体７４（例えば、第１のクイックコネクタ組立体）とを含むことができる。

【００７５】

幾つかの実施形態では、図１１～図１６に示すように、第１の連結組立体７２は、エンドアームセグメント１８の端部（例えば調節部分７０）に固定された第１の雌コネクタ７３Ａと、フランジ部材又はプレート７６の側部に固定された第１の雄コネクタ７３Ｂとを含んでいてもよい。第１の雌および雄コネクタ７３Ａ，７３Ｂは、第１の雄コネクタ７３Ｂが第１の雌コネクタ７３Ａの空洞または開口内に配置された状態で、取り外し可能に手動で固定的に嵌合して結合するように構成されている。例えば、幾つかの実施形態では、第１の雌コネクタ７３Ａの空洞または開口は、後ろに隙間を有する第１の壁又は棒部分と、その第１の壁又は棒部分から長手方向軸Ｘ２－Ｘ２の周りに間隔を置かれた後ろに隙間を有する少なくとも１つの第２の壁部分とを含んでいてもよい。幾つかのそのような実施形態では、図１１～図１６に示されるように、第１の雄コネクタ７３Ｂは、エンドセグメント１８とフランジ部材７６とを取り外し可能に固定的に結合するために第１の雄コネクタ７３Ｂが第１の雌コネクタ７３Ａ内に位置決めされたときに、第１の壁または棒部分の後ろの隙間内に着座するように構成された第１の突起と、少なくとも１つの第２の壁部分の後ろの隙間内に着座するように構成された少なくとも１つの第２の突起とを含んでいてもよい。第１の雄コネクタ７３Ｂの少なくとも１つの第２の突起は、第１の雌コネクタ７３Ａ内での第１の雄コネクタ７３Ｂの選択的な位置決め（すなわち、結合）、および第１の雌コネクタ７３Ａからの第１の雄コネクタ７３Ｂの選択的な取り外し（すなわち、非結合）を可能にするために、伸長位置と収縮位置との間で、手動で移動可能（ばねで付勢さ

れるなど）であってもよい。第１の雌コネクタ７３Ａの空洞と第１の雄コネクタ７３Ｂは、図１１～図１６に示すように、長手方向軸Ｘ２－Ｘ２の周りで両者を対位または方向付け、および／または、それらの間の相対回転を防止するように構成された他の凹部および嵌合突起を含んでいてもよい。

【００７６】

エンドエフェクタ１４および／または切断操作によって発生される振動的な力／運動が、エンドアームセグメント１８へ／を通して通過するのを防止および／または制限する（例えば、その振幅を最小にする）ために、第１の連結組立体７２は、振動減衰機能を含んでいてもよい。例えば、図１３および図１５に示されるように、フランジ部材７６は結合凹部を含み、その結合凹部内に、第１の雄コネクタ７３Ｂの周りに延在する圧縮性／可撓性の振動減衰部材７８が配置されていてもよい。結合凹部および振動減衰部材７８は、第１の雌および雄コネクタ７３Ａ，７３Ｂが一緒に結合されるとき、第１の雌コネクタ７３Ａのリム部分と嵌合するように構成されている。幾つかの実施形態では、フランジコネクタ組立体１９は、第１の雌および雄コネクタ７３Ａ，７３Ｂが互いに結合されるとき、振動減衰部材７８が、第１の雄コネクタ７３Ｂの周りで（軸Ｘ２－Ｘ２に沿って延びる方向に）第１の雌コネクタ７３Ａのリム部分とフランジ部材７６の凹部との間で圧縮／圧迫されるように構成されている。

【００７７】

振動減衰部材７８は、エンドエフェクタ１４を介してその振動減衰部材に加えられる振動的な力／運動を減衰させるように構成されている。それによって、振動減衰部材７８は、エンドエフェクタ１４／切断ツール１６によってそこに加えられる周期的エネルギ（例えば、振動的な力／運動）を散逸させるように構成されている。幾つかの実施形態では、振動減衰部材７８は、粘弾性減衰を提供するように構成されていてもよい。幾つかの実施形態では、振動減衰部材７８は、ゴム（天然または合成）（ラテックス、シリコーンゴムまたはシリコーンフリーゴムなどであるが、これらに限定されない）、合成エラストマ（ポリウレタン、ポリ塩化ビニル（ＰＶＣ）など）、ばね、流体、またはそれらの幾つかの組み合わせなどの慣性質量およびエネルギ散逸材料から作られるか、またはそれらを含んでいる。非限定的な例として、振動減衰部材７８は、Ｏリングで構成されていてもよい。

【００７８】

図１１～図１６に示すように、幾つかの実施形態では、第２の連結組立体７４は、第１の連結組立体７２と実質的に同様に構成され、フランジ部材又はプレート７６の他方の側に固定された第２の雌コネクタ７５Ａと、エンドエフェクタ１４の側部（例えば、上側側部）に固定された第２の雄コネクタ７５Ｂとを含んでよい。第２の雄および雌コネクタ７５Ｂ，７５Ａは、第１の雌および雄コネクタ７３Ａ，７３Ｂと実質的に同一または同様に構成されてよく、簡潔にするために本明細書では繰り返さない。第２の雄コネクタ７５Ｂは、溝または凹部と、第２の雌コネクタ７５Ａのリム部分への接続のためにその中に配置された圧縮性／可撓性の振動減衰部材７８（例えば、Ｏリング）とを含んでも含まなくてもよい。

【００７９】

図１３～図１６に示すように、フランジコネクタ組立体１９のフランジ部材７６は、軸Ｘ２－Ｘ２の周りに延びる滅菌部分又はリング７７を含んでいてもよい。また、図１３～図１６に示すように、外科用ドレープ、カーテン等８０が、滅菌部分又はリング７７の滅菌部分７７に滅菌密封式に結合されていてもよい。それによって、フランジコネクタ組立体１９および外科用ドレープ８０は、エンドエフェクタ１４および切断ツール１６と、ロボット１０のアーム１２およびベース部分との間に滅菌バリアを画定する。図１６に示すように、取付機構４０および切断ツール１６から最も離れているエンドエフェクタ１４の上部は、外科用ドレープ８０が切断ツール１６から離間するように、第２の連結組立体７４と結合され得る。

【００８０】

図１７および図１８に示される別の例示的な外科用ロボットシステム１１０は、上述の

フランジコネクタ組立体１９とは異なるエンドエフェクタ１１４とアーム１１２のエンドセグメント１１８との間の連結を含んでいる。図１７および図１８の外科用ロボット１１０は、本明細書に記載された外科用ロボット１０と実質的に類似しており、したがって、「１」で先行する同様の参照数字は、同様の構成要素、側面、部分、機能、プロセスなどを示すために使用され、それらに向けられた上記の説明は同様に適用され、簡潔性および明瞭性の目的のために繰り返されない。

【００８１】

図１７および図１８に示すように、エンドエフェクタ１１４は、コネクタ１６１に近接して配置された結合凹部又はスロット１６２を含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、結合凹部１６２は、コネクタ１６１の周縁に隣り合っていてもよい。図１７および図１８に示すように、幾つかの実施形態では、結合凹部１６２は、コネクタ１６１の少なくとも一部について環状に延びていてもよい（例えば、その周方向に延びていてもよい）。そのような実施形態の１つでは、結合凹部１６２は、円形であってもよい。

【００８２】

エンドエフェクタ１１４によって発生される振動的な力／運動が、エンドアームセグメント１１８へ／を通して通過するのを防止および／または制限する（例えば、その振幅を最小にする）ために、結合凹部１６２は、その中に配置された圧縮性／可撓性の振動減衰部材１６４を含んでいる。振動減衰部材６４は、エンドエフェクタ１１４によってそこに加えられる振動的な力／運動を減衰させるように構成されている。それによって、振動減衰部材１６４は、エンドエフェクタ１４によってそこに加えられる周期的エネルギ（例えば、振動的な力／運動）を散逸させるように構成されている。幾つかの実施形態では、振動減衰部材１６４は、粘弾性減衰を提供するように構成されていてもよい。幾つかの実施形態では、振動減衰部材６４は、ゴム（天然または合成）（ラテックス、シリコーンゴムまたはシリコーンフリーゴムなどであるが、これらに限定されない）、合成エラストマ（ポリウレタン、ポリ塩化ビニル（ＰＶＣ）など）、ばね、流体、またはそれらの幾つかの組み合わせなどの慣性質量およびエネルギ散逸材料から作られるか、またはそれらを含んでいる。非限定的な例として、振動減衰部材１６４は、Ｏリングで構成されていてもよい。

【００８３】

図１７及び図１８に示されるように、フランジコネクタ組立体１１９は、結合凹部１６２に対して協働的に構成された突起又はリム１６６を含み、それによって、フランジコネクタ組立体１１９がコネクタ１６１を介してエンドエフェクタ１１４と結合されるとき（すなわち、フランジコネクタ組立体１１９がコネクタ１６１と結合され、コネクタ１６１がエンドエフェクタ１１４と結合されるとき）、突起１６６は結合凹部１６２内に受け入れられ、振動減衰部材１６４が少なくとも部分的にそれらの間に配置された状態になる。幾つかの実施形態では、フランジコネクタ組立体１１９は、フランジコネクタ組立体１１９がエンドエフェクタ１１４のコネクタ１６１と結合されるとき、振動減衰部材１６４が突起１６６と結合凹部１６２との間で圧縮／圧迫されるように構成されている。幾つかの実施形態では、振動減衰部材１６４は、エンドセグメント１１８の軸Ｘ２－Ｘ２に沿って延びる方向および／またはエンドエフェクタ１１４および切断ブレード１１６の軸Ｘ１－Ｘ１に実質的に垂直な方向の間に配置され、圧縮される。

【００８４】

それにより、ロボット１１０は、振動減衰部材６４が、エンドエフェクタ１１４によって発生される振動的な力／運動などの、エンドエフェクタ１１４とエンドセグメント１１８との間の振動を減衰させて、多関節アーム１１２への振動（例えば、その振幅）の並進を最小化するように構成され得る。さらに、フランジコネクタ組立体１１９がエンドエフェクタ１１４のコネクタ１６１と結合されるとき、フランジコネクタ組立体１１９の突起１６６とエンドエフェクタ１１４の結合凹部１６２との間の振動減衰部材１６４の圧縮は、それによって振動減衰部材１６４に予荷重をかける。振動減衰部材１６４のこのような予荷重された力が、それによってエンドエフェクタ１１４とコネクタ組立体１９／エンド

セグメント１１８との間の連結に予荷重を与え、そのことは、さらに、それらの間の振動および／または相対移動を減少させ、結合連結を強化する傾向を有する。

【００８５】

図１９および図２０に示すように、多関節アーム１２に対するエンドエフェクタ１４および切断ブレード１６の向きは、切断作業中にアーム１２に作用するモーメント力を最小にし、アーム１２のジョイントにかかる負荷を軽減するためのものである。例えば、図１９および図２０に示すように、エンドエフェクタ１４は、その軸Ｘ１－Ｘ１に沿って延びる長手方向又は軸方向に沿って延びるか、または細長くなっていてもよい。別の言い方をすれば、エンドエフェクタ１４は、その長手方向／軸方向の最大長さがその横方向の最大幅よりも大きくなるように構成されていてもよい。さらに、上記で説明され、図１９および図２０に示されるように、切断ツール１６は、エンドエフェクタ１４の前側の長手方向／軸方向の端部部分において、取付機構４０から軸方向に延びていてもよい。上でも説明し、図１９および図２０に示すように、切断ツール１６はサジタル切断ブレードであってもよく、その切断ブレードは、切断されるべき材料（例えば、骨または他の組織）の中へ／を通して、横方向に沿って延び、かつ軸方向／長手方向に前進する切断経路１７に沿って、その切断ブレードが振動または並進されると切断するように構成されていてもよい。それによって、そのような実施形態では、図１９に描かれているように、（例えば、駆動部分３７を介して）エンドエフェクタ１４によって発生される力（複数）は、それらがエンドエフェクタ１４とエンドセグメント１８との間のジョイント１９にトルクまたはモーメント力Ｍとして作用するように、多関節アーム１２のエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２に対して（例えば、垂直な）角度を付けられ、そこから軸方向／長手方向に間隔を空けられる。

【００８６】

図１９および図２０に示すように、ロボット１０は、エンドセグメント１８が、エンドエフェクタ１４の長手方向／軸方向の後端から間隔を空けて、エンドエフェクタ１４の上側側面に結合されるように構成されている。幾つかの実施形態では、エンドセグメント１８は、エンドエフェクタ１４の長手方向／軸方向の長さに沿って、エンドエフェクタ１４の上側側部の中央部分に結合されていてもよい。それによって、エンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２（結合ジョイント１９の中心を通過していてもよい）と、エンドエフェクタ１４の駆動部分３７によって加えられる力との間の距離Ｄ１は、ジョイント１９および／またはエンドセグメント１８に作用する力のモーメントＭを最小化するように最小化される。もし、代替的に、エンドエフェクタ１４の横方向後端が、エンドセグメント１８の遠位端に結合された場合、エンドエフェクタ１４の後端部分の追加の長手方向／軸方向長さは、図１９に示されるように、力のモーメントＭ１を距離Ｄ３だけ増加させる（すなわち、力のモーメントは、Ｄ１＋Ｄ３となる）、ということが注記される。

【００８７】

さらに、エンドエフェクタ１４の軸Ｘ１－Ｘ１がエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２と平行であるか又は整列している代替的な配置では、フランジコネクタ組立体１９は、図１９に示す配置のようにエンドエフェクタ１４をエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２に直交して又は軸Ｘ２－Ｘ２の周りに回転させるのとは対照的に、エンドエフェクタ１４をエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２に一致して回転させるように構成されるであろう。幾つかの実施形態では、ロボット１０は、図１に示すように、切断されるべき（例えば、手術される）材料又は患者に隣り合って位置決めされてもよい。そのような実施形態および図１９および図２０に示す配置では、下方に延びる切断ツール１６を介して切断を行うために、エンドセグメント１８を材料又は患者の上方で横方向に延ばし、エンドエフェクタ１４および切断ツール１６をエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２の周りに回転させて、そのような切断のために切断ツール１６を向けることができる。上述の、エンドエフェクタ１４の軸Ｘ１－Ｘ１がエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２と平行であるか又は整列している代替的な配置では、エンドセグメント１８は下方に向けられなければならず、エンドアームセグメント１８に連結された隣り合う第２のアームセグメント１３は、そのよ

うな切断のために切断ツール１６を向けるために材料または患者の上で横方向に向けられなければならないであろう、ということが注記される。そのような構成では、多関節アーム１２は、図１、図１９および図２０に示す配置とは対照的に、切断ツール１６を空間的に移動させて方向付ける能力（または方向付けるためのオプション）が制限され、その方向付けは振動緩和の目的にはあまり望ましくない。

【００８８】

図１９に示すように、エンドエフェクタ１４と、エンドエフェクタ１４の側方に直交して結合されているエンドアームセグメント１８との配置により、エンドアームセグメント１２を連結するジョイント１１と、エンドセグメント１８から延びる多関節アーム１２の第２のアームセグメント１３との間の長手方向／軸方向の距離は、エンドアームセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２を僅かに越えて配置されるだけである。これにより、エンドエフェクタ１４およびエンドアームセグメント１８の構成は、エンドエフェクタ１４の駆動部分３７によって加えられる力をジョイント１１から最小の長手方向／軸方向距離Ｄ２に位置決めするのに有効である。この場合も、エンドエフェクタ１４の軸Ｘ１－Ｘ１がエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２と平行であるか又は整列している上述の代替的な配置では、エンドエフェクタ１４によってジョイント１１に加えられる力のモーメントは、距離Ｄ３だけ増加する（すなわち、力のモーメントはＤ２＋Ｄ３となる）であろう、ということが注記される。

【００８９】

また、エンドエフェクタ１４および切断ツール１６の軸Ｘ１－Ｘ１の直交配置は、図１０に示すように、多関節アーム１２のジョイントに作用する回転力Ｆ２（すなわち、ねじれ）を最小化する。図２０を参照すると、ロボット１０の構成において、切断経路１７（すなわち、振動方向または平面）において作用するエンドエフェクタ１４（すなわち、駆動部分３７）によって加えられる力は、エンドエフェクタ１４とエンドアームセグメント１８との間でエンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２に対して垂直に向けられ、したがって、ジョイント１９の周りに向けられる。幾つかの実施形態では、エンドエフェクタ１４は、エンドセグメント１８（およびそれらの間のジョイント１９）の軸Ｘ２－Ｘ２がエンドエフェクタ１４の質量中心を通過するか又は実質的に近接するようにエンドセグメント１７上に搭載されて、多関節アーム１２のジョイントに伝わる力の荷重をさらに低減してもよい。図３に示す代替的な実施形態では、切断経路１７（すなわち、振動方向または平面）に作用するエンドエフェクタ１４（すなわち、駆動部分３７）によって加えられる力は、エンドセグメント１８の軸Ｘ２－Ｘ２、したがってジョイント１９に概ね平行に向けられる、ということが注記される。

【００９０】

上記の説明は、例示的なものであり、制限的なものではない、ということが理解されるべきである。例えば、上述の例示的な実施形態、および／またはその態様は、互いに組み合わされて使用されてもよい。さらに、それらの範囲から逸脱することなく、様々な例の教示に従って特定の構成を適合させるために多くの変更がなされてもよい。例えば、切断ツール１６は、サジタル鋸ブレードとして構成されるのではなく、異なるタイプの鋸ブレードとして構成されてもよい、ということが明示的に開示される。例えば、切断ツール１６は、ブレードの軸方向に延びる側方に沿って配置された切断歯（および／または研磨材）を有する往復タイプの鋸ブレード、または、回転式の切断ブレードとして構成されてもよい。別の例として、切断ツール１６は、エンドエフェクタ１４の取付機構１２と結合するための取付部分２０を利用する任意の他のブレードタイプの切断ツールとして構成されてもよい。さらに、切断ツール１６は、エンドエフェクタ１４によって回転され、そのような回転力を介して切断するように構成された回転式の切断ビットまたはブレードなどの非平面状の切断ツールであってもよい。このように、振動の発生を防止し、および／または振動の影響を緩和するための、上述した多関節アーム１２、エンドエフェクタ１４（その取付機構４０を含む）、および／または切断ツール１６の構成は、本開示の範囲内にある特定の切断ツール１６の振動的な切断経路１７の特定の構成に従って、適合または変更

され得る。

【００９１】

他の多くの例は、上記の説明を検討すれば当業者には明らかであろう。したがって、様々な例の範囲は、添付の特許請求の範囲を参照して、そのような特許請求の範囲が権利を有する等価物の全範囲と共に決定されるべきである。

【００９２】

本明細書において、寸法及び材料の種類を記載することがあるが、それらは、様々な例の一部のパラメータを定めることを意図したものであり、決して全ての例を限定するものではなく、単なる例示に過ぎない。

【００９３】

添付の特許請求の範囲において、用語「を含む（including）」及び「において（in which）」は、それぞれの用語「備える（comprising）」及び「において（wherein）」の平易な等価物として使用される。さらに、後続の特許請求の範囲において、用語「第１の（first）」、「第２の（second）」及び「第３の（third）」等は、単に審判ラベル（referee label）として使用され、その対象に数値的、構造的又は他の要件を課すことは意図されてない。本明細書において、用語「基づく（based on）」という表現は、要素が部分的に基づく関係だけでなく、要素が完全に基づく関係も包含する。用語「定められた（defined）」という表現は、要素が部分的に定められる関係だけでなく、要素が完全に定められる関係も包含する。さらに、後続の特許請求の範囲の限定は、ミーンズ・プラス・ファンクション（means-plus-function）形式で書かれておらず、また、そのような特許請求の範囲の限定が、「ための手段（means for）」という語句を明示的に使用し、その後にさらなる構造の機能空洞（function cavity）の記載が続く限り、35 U.S.C. 第112条第6項に基づいて解釈されることを意図していない。上述したような目的または利点は、必ずしもすべて特定の例に従って達成されるとは限らない、ということが理解されるべきである。したがって、例えば、当業者は、本明細書で教示または示唆され得るような他の目的または利点を必ずしも達成することなく、本明細書で教示されるような１つの利点または利点群を達成または最適化する態様で、本明細書で説明される装置、システム、および方法を具体化または実施できる、ということを認識するであろう。

【００９４】

本開示は、限られた数の例に関連して詳細に説明されてきたが、本開示は、そのような開示された例に限定されないことが容易に理解されるべきである。むしろ、本開示は、これまでに記載されていないが、本開示の精神および範囲に相応する任意の数の変形、変更、置換、または等価な配置を組み込むように変更され得る。さらに、様々な例が記載されているが、本開示の態様は、１つの例または記載された例の一部のみを含み得ることが理解されるべきである。また、幾つかの開示は、或る数の要素を有するものとして記載されているが、例は、その或る数未満の又はその或る数を超える要素で実施され得ることが理解されるであろう。

【００９５】

前述の概念および以下にさらに詳細に説明する追加概念（ただし、かかる概念が相互に矛盾しないことを条件とする）の全ての組み合わせが、本明細書に開示される発明的主題事項の一部であると企図されることが理解されるべきである。特に、本開示の末尾に現れる特許請求される主題事項の全ての組み合わせは、本明細書に開示される発明的主題事項の一部であると企図される。

【図面】

【図１】

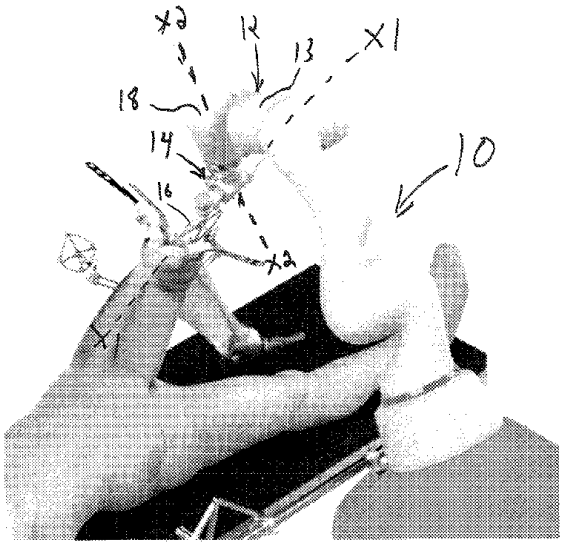

FIG. 1

【図２】

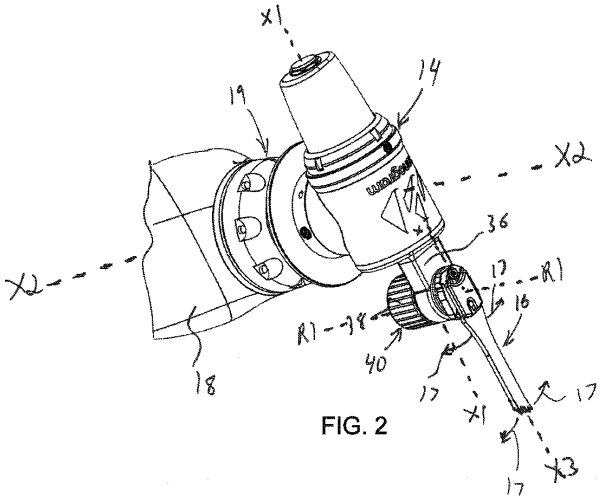

FIG. 2

【図３】

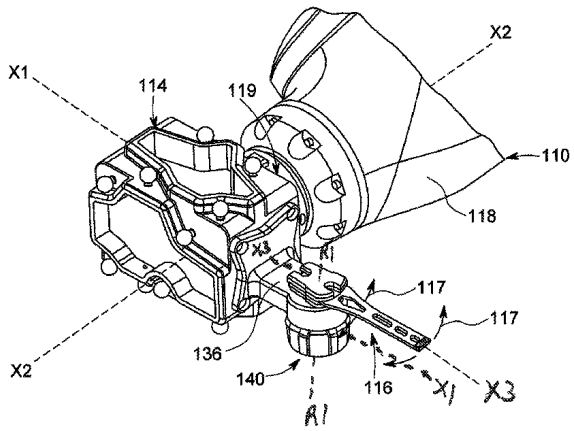

FIG. 3

【図４】

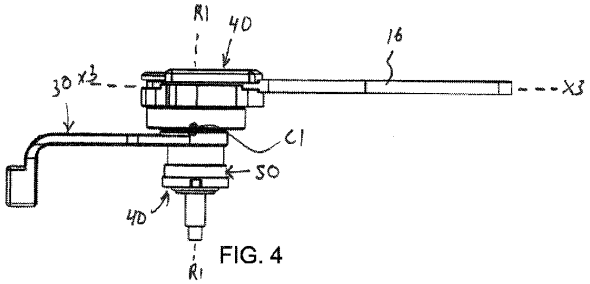

FIG. 4

【図５】

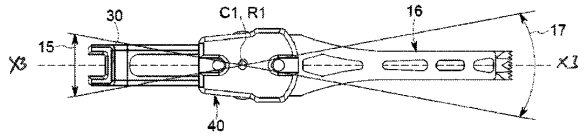

FIG. 5

【図６】

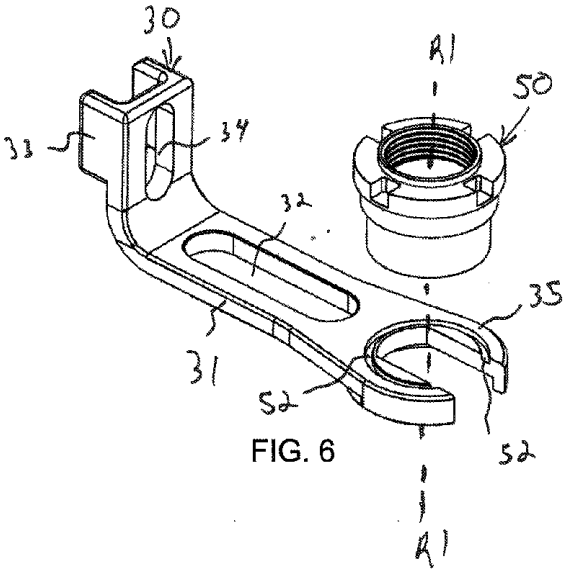

FIG. 6

【図７】

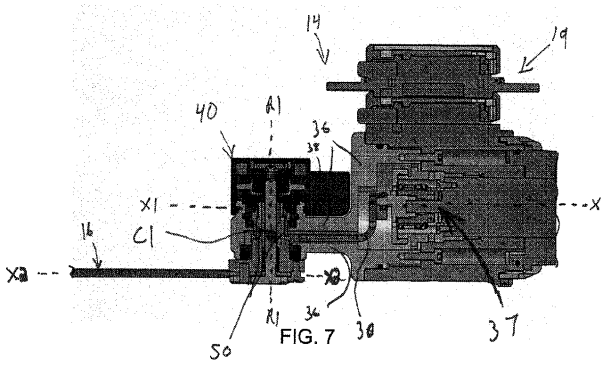

FIG. 7

【図８】

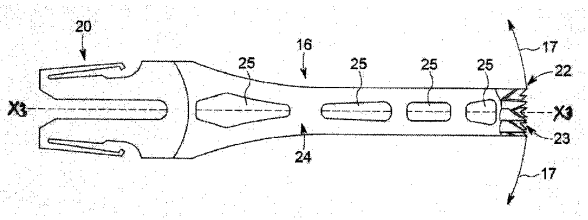

FIG. 8

【図９】

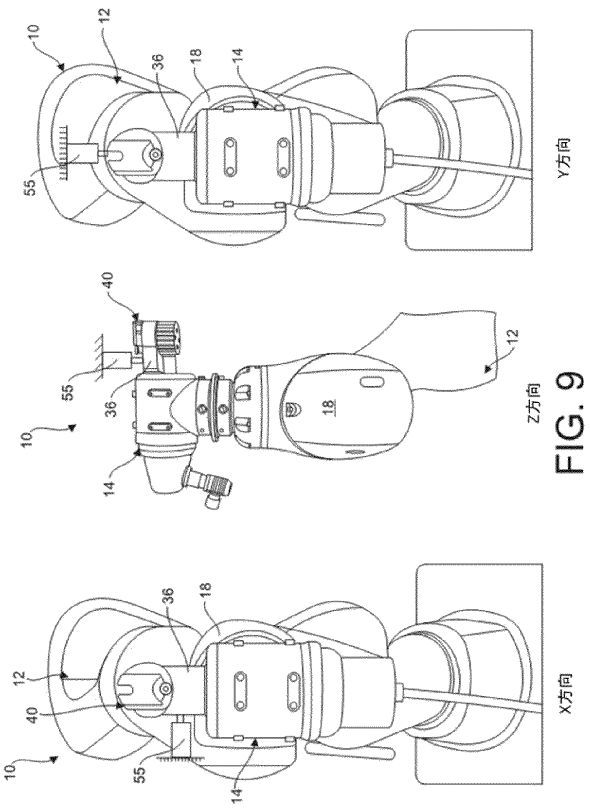

FIG. 9

【図１０】

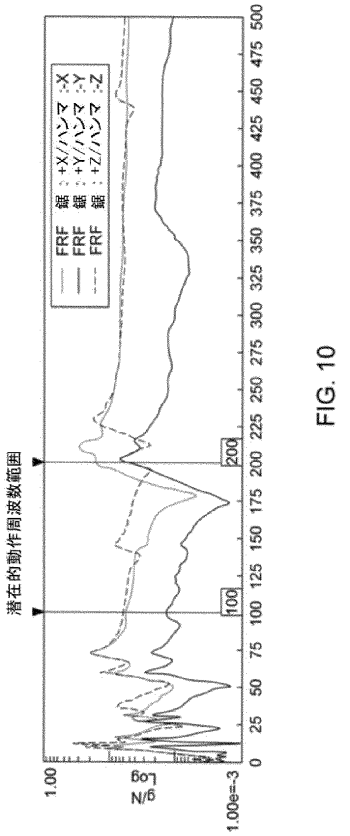

FIG. 10

【図１１】

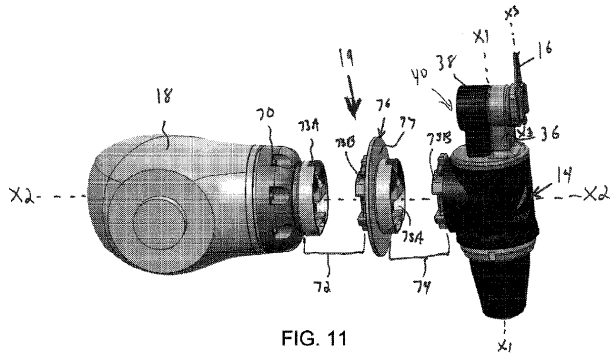

FIG. 11

【図１２】

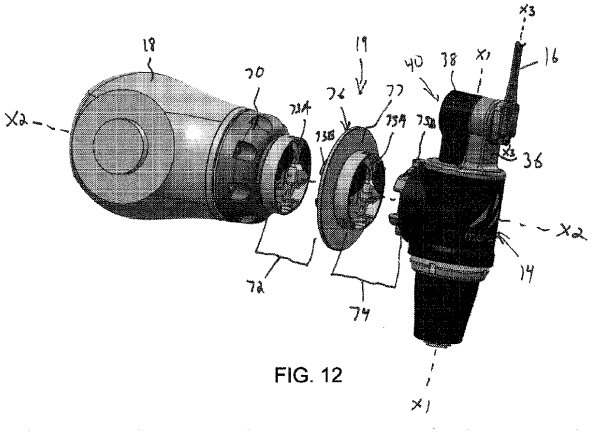

FIG. 12

【図１３】

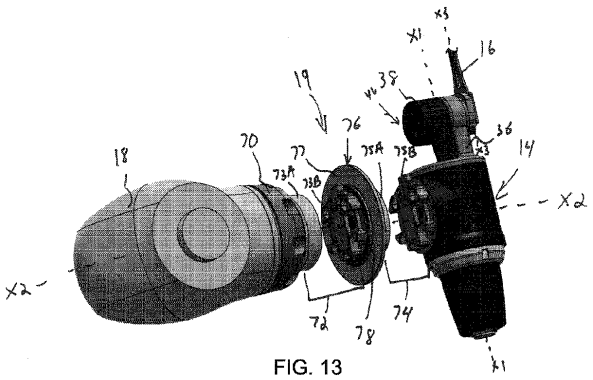

FIG. 13

【図１４】

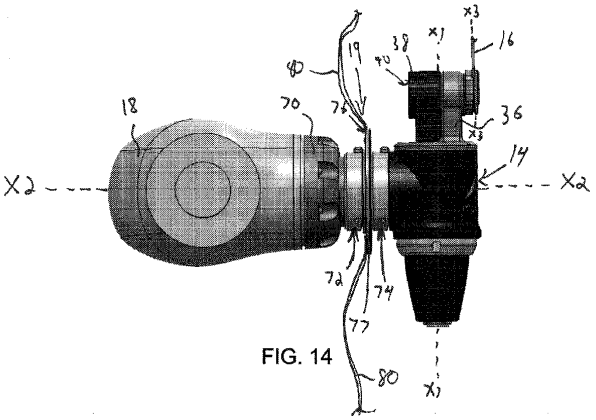

FIG. 14

【図１５】

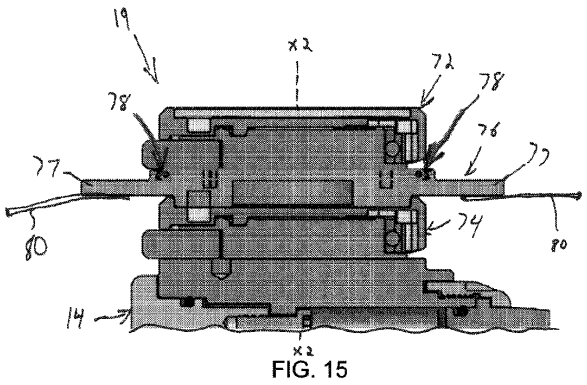

FIG. 15

【図１６】

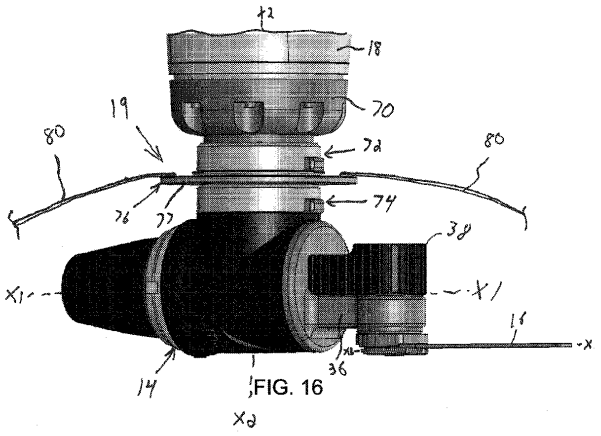

FIG. 16

【図１７】

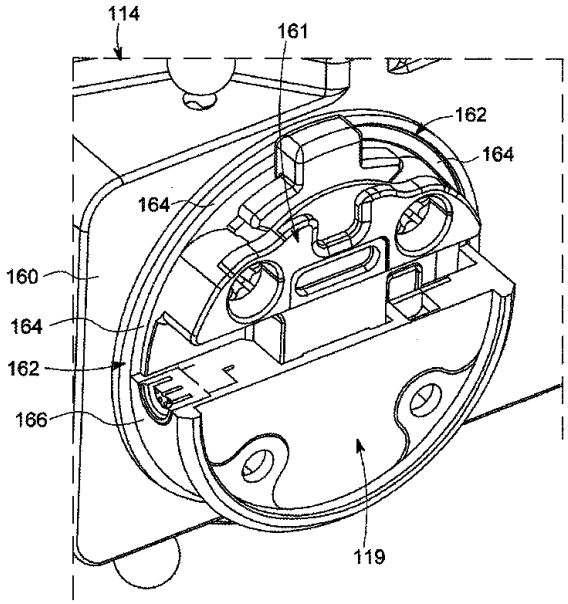

FIG. 17

【図１８】

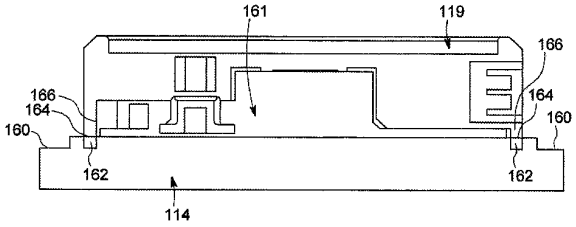

FIG. 18

【図１９】

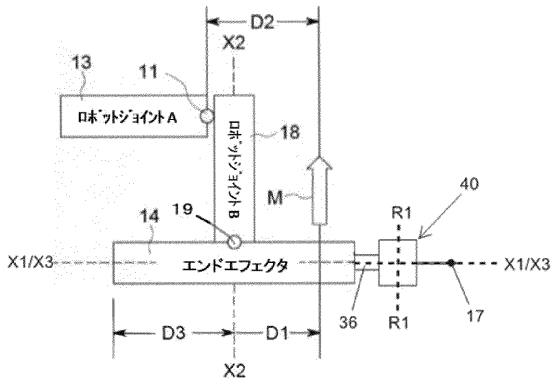

FIG. 19

【図２０】

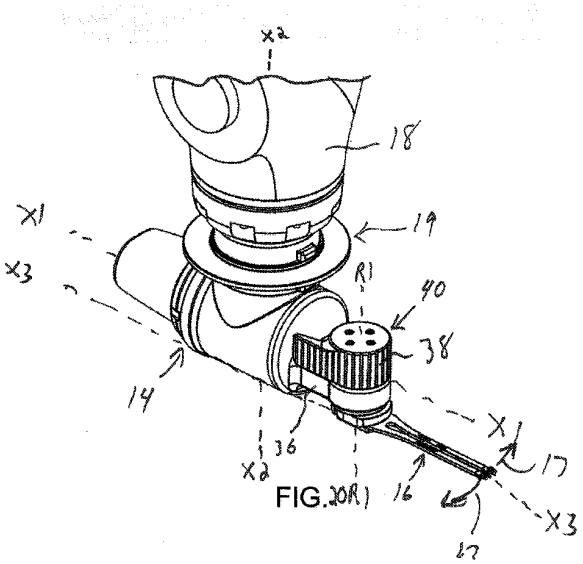

FIG. 20

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US23/61119

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC - INV. A61B 34/30; A61B 17/29; A61B 17/3209; A61B 34/37 (2023.01)
ADD.

CPC - INV. A61B 34/30; A61B 17/29; A61B 17/3209; A61B 34/37
ADD.

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)
See Search History document

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

Electronic database consulted during the international search (name of database and, where practicable, search terms used)
See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X — Y	US 10,682,141 B2 (ETHICON LLC); abstract; figures 13-15; column 13, line 1 - column 68, line 67	1-8, 10-18, 20-23, 32-35 — 19, 24-31, 36-39
Y	US 2020/0030046 A1 (STRYKER CORPORATION); paragraphs [0085-0092]	19, 36-37
Y	WO 2017/158263 A1 (ROBOCATH); Abstract; paragraphs [0011], [0158-0163]	24-30, and 38-39
Y	WO 2017/075548 A1 (SHARP FLUIDICS LLC); paragraphs [1132-1136], [1141], [1244], [1332-1336]	29, 31, 38-39

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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
21 April 2023 (21.04.2023)	JUL 03 2023
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Shane Thomas Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,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,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

モノグラム・オーサピディクス・インコーポレイテッド内

(72)発明者　ハドソン，スコット

アメリカ合衆国７８７４４テキサス州オースティン、トッド・レイン３９１３、モノグラム・オーサピディクス・インコーポレイテッド内

Ｆターム（参考）　4C130　AA02 AA04 AA13 AA32 AA34 AA44 AB01 AD02