

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6853813号
(P6853813)

(45) 発行日 令和3年3月31日(2021.3.31)

(24) 登録日 令和3年3月16日(2021.3.16)

(51) Int.Cl.

B 25 J 17/02
A 6 1 B 34/30(2006.01)
(2016.01)

F 1

B 25 J 17/02
B 25 J 17/02
A 6 1 B 34/30A
E

請求項の数 12 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2018-502784 (P2018-502784)
 (86) (22) 出願日 平成28年7月22日 (2016.7.22)
 (65) 公表番号 特表2018-527200 (P2018-527200A)
 (43) 公表日 平成30年9月20日 (2018.9.20)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2016/052264
 (87) 國際公開番号 WO2017/013453
 (87) 國際公開日 平成29年1月26日 (2017.1.26)
 審査請求日 令和1年7月18日 (2019.7.18)
 (31) 優先権主張番号 1512959.6
 (32) 優先日 平成27年7月22日 (2015.7.22)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
英國(GB)

(73) 特許権者 516263638
シーエムアール サージカル リミテッド
CMR SURGICAL LIMITED
D
英國 シービー24 9エヌジー ケンブ
リッジシャー ケンブリッジ ミルトン
ロード エボリューション ビジネス パ
ーク 1
(74) 代理人 110001966
特許業務法人笠井中根国際特許事務所
(74) 代理人 100147717
弁理士 中根 美枝
(74) 代理人 100103252
弁理士 笠井 美孝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ロボットアーム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アームの一番目の肢をアームの二番目の肢に対して2本の非平行な回転軸周りで関節運動させるジョイント機構を含んで構成されたロボットアームであって、該ジョイント機構が、

第一の回転軸を有する第一の回転ジョイントによって前記一番目の肢に取り付けられ、第二の回転軸を有する第二の回転ジョイントによって前記二番目の肢に取り付けられた中間キャリアと、

前記第一の回転軸周りに配置されて、前記中間キャリアに固定された部分円形ギアである第一の駆動ギアと、

前記第二の回転軸周りに配置されて、前記二番目の肢に固定された第二の駆動ギアと、

前記第一の駆動ギアを駆動して前記第一の回転軸周りで回転させる第一の駆動シャフトであって、前記一番目の肢に沿って延びると共に第一のシャフトギアを有しており、該第一のシャフトギアが該第一の駆動ギアと係合するようになっている第一の駆動シャフトと、

前記第二の駆動ギアを駆動して前記第二の回転軸周りで回転させる第二の駆動シャフトであって、前記一番目の肢に沿って延びると共に第二のシャフトギアを有する第二の駆動シャフトと、

前記中間キャリアによって支持され、前記第二のシャフトギアを前記第二の駆動ギアに連結する中間ギア列であって、前記第一の回転軸周りに配置された第一の中間ギアを含ん

10

20

で構成されており、該第一の中間ギアが該第二のシャフトギアと係合するようになっている中間ギア列と、

前記第一および第二の駆動シャフトを駆動して回転させることによって、前記ロボットアームの動きを命令するコマンド信号に応答するようになっている制御ユニットであって、該ロボットアームが前記第二の回転軸周りで関節運動することなく前記第一の回転軸周りで関節運動するように命令されたときに、該第一の駆動シャフトを駆動して回転させ、該第一の回転軸周りの関節運動を引き起こすと共に該第二の駆動シャフトを駆動して、該第二の回転軸周りの寄生関節運動を打ち消すように回転させるように構成されている制御ユニットと

を、含んで構成されていることを特徴とするロボットアーム。

10

【請求項 2】

前記中間ギア列が、前記第一の回転軸と平行な軸周りで回転するようになっている複数の連結ギアを含んで構成されている請求項 1 に記載のロボットアーム。

【請求項 3】

前記中間ギア列が、前記第一の回転軸と平行な軸周りで回転するようになっている中間シャフトを含んで構成されていると共に、該中間シャフトが第三のシャフトギアを有しており、該第三のシャフトギアが前記第二の駆動ギアと係合するようになっている請求項 1 または 2 に記載のロボットアーム。

【請求項 4】

前記連結ギアが、前記第一の回転軸に垂直で前記第一の駆動ギアの歯を含む平面の一方の側にあると共に、前記第三のシャフトギアの少なくとも一部が該平面の他方の側にある請求項 2 に従属する場合の請求項 3 に記載のロボットアーム。

20

【請求項 5】

前記第三のシャフトギアがウォームギアである請求項 3 または 4 に記載のロボットアーム。

【請求項 6】

前記第一および第二のシャフトギアの一方または両方がウォームギアである請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項に記載のロボットアーム。

【請求項 7】

前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方がベベルギアである請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項に記載のロボットアーム。

30

【請求項 8】

前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方が斜行軸ギアである請求項 7 に記載のロボットアーム。

【請求項 9】

前記第二の駆動ギアの少なくとも一部が、前記第一の駆動ギアの半径方向最外側部分と一致する前記第一の回転軸周りの円と交差している請求項 1 ~ 8 の何れか 1 項 に記載のロボットアーム。

【請求項 10】

前記中間シャフトの少なくとも一部が、前記第一の駆動ギアの半径方向最外側部分と一致する前記第一の回転軸周りの円と交差している請求項 3 ~ 5 および請求項 3 に従属する場合の請求項 6 ~ 9 の何れか 1 項 に記載のロボットアーム。

40

【請求項 11】

前記第一および第二の回転軸が直交している請求項 1 ~ 1_0 の何れか 1 項に記載のロボットアーム。

【請求項 12】

前記第一および第二の回転軸が互いに交差している請求項 1 ~ 1_1 の何れか 1 項に記載のロボットアーム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、ロボットジョイント用の駆動装置に関するものであり、特にロボットのリストに関連する発明である。

【 0 0 0 2 】

例えば産業用または外科用ロボットのような、物を巧みに扱うために必要とされるロボットは、多数の可撓性ジョイントによって互いに直列に連結された剛性エレメントからなるアームを有していることが多い。かかるジョイントは、任意のタイプのものであってもよいが、一般的には回転ジョイントであってもよいし、あるいは回転ジョイントと直進ジョイントの組み合わせであってもよい。アームは、位置が固定されているあるいは移動可能とされているベースから伸び出して、ツールまたはツール用のアタッチメントで終わる。ツールは、例えば、把持する、切断する、照らす、照射するまたは撮像するツールであってもよい。アーム内の最終ジョイントを、リストと呼んでもよい。かかるリストは、単一の軸周りのみの運動を可能としてもよいし、あるいは複数の軸周りの回転を可能にする複雑なまたは複合的な関節であってもよい。本発明者らの同時係属中の特許出願 P C T / G B 2 0 1 4 / 0 5 3 5 2 3 に開示されているように、リストは、軸がアームに対してほぼ長手方向に伸びる 2 つのロールジョイントを備えていてもよいし、軸がアームをほぼ横断する 2 つのピッチ / ヨージョイントによって分離されていてもよい。

【 0 0 0 3 】

外科用ロボットの場合、アームの遠位ジョイントの設計に影響を与える多くの重要な基準が存在する。

1 . アーム、特にリストが位置する遠位部分が小型であることが望ましい。これにより、複数のこのようなロボットアームが近接して動作することが可能になり、それゆえアームが行うことができる外科手術の範囲をより広げる。

2 . アームの遠位部の外形は、アームの長さに対して円対称であることが望ましい。これにより、遠位部は、別のロボットや他のいくつかの機器や患者に近接している場合に、再配置する必要なく長手方向に回転させることができる。

3 . ジョイントは、高いトルクを伝達可能であることが望ましいことから、より重いツールを運搬し、高い加速度をツールの先端に伝達することができる。

4 . ジョイントは硬く、殆んどあるいは全く遊びや弾性がないことが望ましいことから、ツールの先端が位置決めされた際にはそこに固定されるであろう。遊びを最小化するための従来のやり方は、1 つ以上のギアエレメントを犠牲として指定することであるが、このことは高いレベルのメンテナンスを必要とし、アーム内に磨耗したギアの小片が放たれる可能性がある。

5 . 全ての関節接合は位置および力 / トルクセンサを有することが望ましいことから、制御機構は、これらのセンサからデータを取り込むことができる。

6 . ロボットアームの遠位部は、ロボットアームのより近位のジョイントによって及ぼされるべき力を低減するために、可能な限り軽量であることが望ましい。

7 . 一般的なロボットアームは、その駆動モータおよび恐らくはツールに電力を供給するケーブルを有しており、位置センサやトルクセンサや撮像センサのようなセンサからの信号をフィードバックする。アームは、そのようなケーブルがアームの内部を通過する経路を含んでいることが望ましい。

8 . ロボットアームおよびペイロードまたはツールの遠位ジョイントを駆動するモータの冷却方法が存在することが望ましい。

【 0 0 0 4 】

多数の重要な基準は、全ての要件を最良にバランスさせるアームを設計することを困難にしている。

【 0 0 0 5 】

1 つの特有の問題は、ロボットアームのリストにどのようにモータおよびギアを取り付けるかである。かかる配置はコンパクトであるべきであるが、また高い剛性およびトルク伝達を許容すべきである。多くの既存の設計は、これらの基準のうちの 1 つを妥協してい

10

20

30

40

50

る。

【0006】

ロボットアームのリスト用に改良された駆動装置の必要性が存在する。

【発明の概要】

【0007】

本発明によれば、アームの一番目の肢をアームの二番目の肢に対して2本の非平行な回転軸周りで関節運動させるジョイント機構を含んで構成されたロボットアームであって、該ジョイント機構が、第一の回転軸を有する第一の回転ジョイントによって前記一番目の肢に取り付けられて、第二の回転軸を有する第二の回転ジョイントによって前記二番目の肢に取り付けられた中間キャリアと、前記第一の回転軸周りに配置されて、前記中間キャリアに固定された第一の駆動ギアと、前記第二の回転軸周りに配置されて、前記二番目の肢に固定された第二の駆動ギアと、前記第一の駆動ギアを駆動して前記第一の回転軸周りで回転させる第一の駆動シャフトであって、前記一番目の肢に沿って延びると共に第一のシャフトギアを有しており、該第一のシャフトギアが該第一の駆動ギアと係合するようになっている第一の駆動シャフトと、前記第二の駆動ギアを駆動して前記第二の回転軸周りで回転させる第二の駆動シャフトであって、前記一番目の肢に沿って延びると共に第二のシャフトギアを有する第二の駆動シャフトと、前記中間キャリアによって支持され、前記第二のシャフトギアを前記第二の駆動ギアに連結する中間ギア列とを、含んで構成されていることを特徴とするロボットアームが提供される。10

【0008】

前記中間ギア列は、前記第一の回転軸周りに配置された第一の中間ギアを含んで構成されて、該第一の中間ギアが該第二のシャフトギアと係合するようになっていてもよい。該第一の中間ギアは、該第一の回転軸周りで回転可能とされていてもよい。20

【0009】

前記ロボットアームは、前記第一および第二の駆動シャフトを駆動して回転させることによって、前記ロボットアームの動きを命令するコマンド信号に応答するようになっている制御ユニットを更に含んで構成されていてもよい。該制御ユニットは、該ロボットアームが前記第二の回転軸周りで関節運動することなく前記第一の回転軸周りで関節運動するように命令されたときに、該第一の駆動シャフトを駆動して回転させ、該第一の回転軸周りの関節運動を引き起こすと共に該第二の駆動シャフトを駆動して、該第二の回転軸周りの寄生関節運動を打ち消すように回転させるように構成されていてもよい。該制御ユニットは、その動作を自動的に実行するように構成することができる。30

【0010】

前記中間ギア列は、前記第一の回転軸と平行な軸周りで回転するようになっている複数の連結ギアを含んで構成されていてもよい。

【0011】

前記中間ギア列は、前記第一の回転軸と平行な軸周りで回転するようになっている中間シャフトを含んで構成されていてもよい。該中間シャフトは、第三のシャフトギアを有し、該第三のシャフトギアが前記第二の駆動ギアと係合するようになっていてもよい。

【0012】

前記連結ギアは、前記第一の回転軸に垂直で前記第一の駆動ギアの歯を含む平面の一方の側にあると共に、前記第三のシャフトギアの少なくとも一部は該平面の他方の側にある。40

【0013】

前記第三のシャフトギアがウォームギア、すなわち、歯が螺旋状の経路に従う歯車であってもよい。前記第一および第二のシャフトギアの一方または両方がウォームギアであってもよい。

【0014】

前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方がベルギア、すなわち、ピッチ面がまっすぐな側面の、もしくは湾曲した円錐であり、および/又は歯がそのような円錐上に50

配置される歯車であってもよい。歯すじは直線状でも、曲線状でもよい。前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方が斜行軸ギアであってもよい。

【0015】

前記第一の駆動ギアが部分円形ギアであってもよい。前記第二の駆動ギアの少なくとも一部が、前記第一の駆動ギアの半径方向最外側部分と一致する前記第一の回転軸周りの円と交差していてもよい。前記中間シャフトの少なくとも一部が、前記第一の駆動ギアの半径方向最外側部分と一致する前記第一の回転軸周りの円と交差していてもよい。

【0016】

本発明の第2の態様によれば、アームの一番目の肢をアームの二番目の肢に対して2本の非平行な回転軸周りで関節運動させるジョイント機構を含んで構成されたロボットアームであって、該ジョイント機構が、第一の回転軸を有する第一の回転ジョイントによって前記一番目の肢に取り付けられて、第二の回転軸を有する第二の回転ジョイントによって前記二番目の肢に取り付けられた中間キャリアと、前記第一の回転軸周りに配置されて、前記中間キャリアに固定された第一の駆動ギアと、前記第二の回転軸周りに配置されて、前記二番目の肢に固定された第二の駆動ギアと、前記第一の駆動ギアを駆動して前記第一の回転軸周りで回転させる第一の駆動シャフトであって、前記一番目の肢に沿って延びると共に第一のシャフトギアを有しており、該第一のシャフトギアが該第一の駆動ギアと係合するようになっている第一の駆動シャフトと、前記第二の駆動ギアを駆動して前記第二の回転軸周りで回転させる第二の駆動シャフトであって、前記第二の回転軸を含む平面の一方の側で前記一番目の肢に沿って延びると共に該平面を通過して該平面の他方の側へ延びる第二の駆動シャフトと、前記平面の前記他方の側で前記第二の駆動シャフトと噛合すると共に第二のシャフトギアを前記第二の駆動ギアに連結する中間連結部とを、含んで構成されていることを特徴とするロボットアームが提供される。

10

20

【0017】

前記第二の駆動シャフトが可撓性エレメントを含んで構成されていてもよい。前記可撓性エレメントは前記第一の回転軸上に配置される。前記可撓性エレメントがユニバーサルジョイントであってもよい。

【0018】

前記第二の駆動シャフトは、前記平面の前記他方の側で回転ジョイントによって前記中間キャリアに連結されている。

30

【0019】

前記第二の駆動シャフトが前記平面の前記他方の側に第二のシャフトギアを有していてもよい。前記中間連結部が中間シャフトを含んで構成されて、該中間シャフトが、該第二のシャフトギアと噛合する第一の中間ギアと、前記第二の駆動ギアと噛合する第二の中間ギアとを有していてもよい。

【0020】

前記第二の駆動シャフトが前記第二の回転軸に垂直な軸周りで回転するようになっていてもよい。

【0021】

前記第二の中間ギアがウォームギアであってもよい。前記第一のシャフトギアがウォームギアであってもよい。

40

【0022】

前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方がベベルギアであってもよい。前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方が斜行軸ギアであってもよい。

【0023】

前記第一の駆動ギアが部分円形ギアであってもよい。前記第二の駆動ギアの少なくとも一部が、前記第一の駆動ギアの半径方向最外側部分と一致する前記第一の回転軸周りの円と交差していてもよい。

【0024】

本発明の第3の態様によれば、アームの一番目の肢をアームの二番目の肢に対して2本

50

の非平行な回転軸周りで関節運動させるジョイント機構を含んで構成されたロボットアームであって、該ジョイント機構が、第一の回転軸を有する第一の回転ジョイントによって前記一番目の肢に取り付けられて、第二の回転軸を有する第二の回転ジョイントによって前記二番目の肢に取り付けられた中間キャリアと、前記第一の回転軸周りに配置されて、前記中間キャリアに固定された第一の駆動ギアと、前記第二の回転軸周りに配置されて、前記二番目の肢に固定された第二の駆動ギアと、前記第一の駆動ギアを駆動して前記第一の回転軸周りで回転させる第一の駆動シャフトであって、前記一番目の肢に沿って延びると共に第一のシャフトギアを有しており、該第一のシャフトギアが該第一の駆動ギアと係合するようになっている第一の駆動シャフトと、前記第二の駆動ギアを駆動して前記第二の回転軸周りで回転させる第二の駆動シャフトであって、前記一番目の肢に沿って延びると共に第二のシャフトギアを有しており、該第二のシャフトギアが該第二の駆動ギアと係合するようになっている第二の駆動シャフトと、を含んで構成されており、前記第二の駆動シャフトが、前記中間キャリアの前記第一の回転軸周りの動きに応じて該シャフトの長さを変化させることができる直進ジョイントを含んで構成されていることを特徴とするロボットアームが提供される。

【0025】

前記直進ジョイントが摺動スライド結合であってもよい。

【0026】

前記第二の駆動シャフトが、前記直進ジョイントの一方の側の第一の可撓性ジョイントと該直進ジョイントの他方の側の第二の可撓性ジョイントを含んで構成されていてよい。

【0027】

前記第二の駆動シャフトが、前記直進ジョイントに対して前記第二の可撓性ジョイントの反対側で回転ジョイントによって前記中間キャリアに接続されていてよい。

【0028】

前記第一および第二のシャフトギアの一方または両方がウォームギアであってもよい。

【0029】

前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方がベルギアであってもよい。前記第一および第二の駆動ギアの一方または両方が斜行軸ギアであってもよい。前記第一の駆動ギアが部分円形ギアであってもよい。

【0030】

前記第二の駆動ギアの少なくとも一部が、前記第一の駆動ギアの半径方向最外側部分と一致する前記第一の回転軸周りの円と交差していてよい。

【0031】

前記第一および第二の回転軸が直交していてよい。前記第一および第二の回転軸が互いに交差していてよい。

【0032】

本発明を、添付図面を参照して説明する。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】外科用ロボットアームの概略図。

【図2】図1のアームのリストにおける回転軸をより詳細に示す図。

【図3】遠位側および片側から見た第1のリスト機構の一部を示す図。

【図4】遠位側および反対側から見た第1のリスト機構の一部を示す図。

【図5】近位側および片側から見た第2のリスト機構の一部を示す図。

【図6】遠位側および片側から見た第2のリスト機構の一部を示す図。

【図7】遠位側および片側から見た第3のリスト機構の一部を示す図。

【図8】遠位側および反対側から見た第3のリスト機構の一部を示す図。

【図9】片側から見た中央の長手方向断面における第3のリスト機構を示す図。

【図10】反対側から見た中央の長手方向断面における第3のリスト機構を示す図。

10

20

30

40

50

【図11】ロボットアームにおける通信経路を示す図。

【図12】長手方向断面におけるロボットアーム用の端子モジュールを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下に説明するリスト機構は、ロボットのリストのジョイントの少なくともいくつか、あるいは他のアプリケーションに対して、コンパクトで機械的に有利な構成を提供することが判明している。

【0035】

図1は、ベース2から伸びるアーム1を有する外科用ロボットを示している。アーム1は、多数の剛体肢3を含んでいる。肢3は、回転ジョイント4によって連結されている。最近位肢3aは、ジョイント4aによってベースに連結されている。かかる肢3と他の肢3は、さらなるジョイント4によって直列に連結されている。リスト5は、4つの個別の回転ジョイントから構成されている。リスト5は、アーム1の最遠位肢3cに対して1つの肢3bを連結している。最遠位肢3cは、外科用器具またはツール9用のアタッチメント8を有している。アーム1の各ジョイント4は、それぞれのジョイント4で回転運動を生じさせるように操作可能とされた1つまたは複数のモータ6と、現在の構成および/またはそのジョイントにおける負荷に関する情報を提供する、1つまたは複数の位置および/またはトルクセンサ7と、を有している。明瞭化のために、モータおよびセンサのいくつかのみが図1に示されている。アーム1は、一般に、本発明者らの同時係属中の特許出願PCT/GB2014/053523に記載されているものであってもよい。ツール用のアタッチメントポイント8は、(i)ツールをアームに対して機械的に取り付けることを可能にする構成と、(ii)ツールとの間で電気的および/または光学的な出力および/またはデータを通信するためのインターフェースと、(iii)ツールの一部の動きを駆動するための機械的駆動装置、の任意の1つまたは複数のものを適宜含むことができる。一般に、モータは、重量分布を改善するように、駆動するジョイントの近位に配置されていることが好ましい。以下に説明するように、モータやトルクセンサやエンコーダ用のコントローラは、アームと一緒に配置される。コントローラは、通信バスを介して制御ユニット10に接続されている。

【0036】

制御ユニット10は、プロセッサ11とメモリ12を備えている。メモリ12は、モータ6の動作を制御してアーム1をここに記載されているように動作するように、プロセッサによって実行可能なソフトウェアを非過渡的に記憶している。特に、ソフトウェアは、プロセッサ11を制御して、モータ(例えば、配置されたコントローラを介して)をセンサ7からの入力および外科医コマンドインターフェース13からの入力に応じて駆動することができる。制御ユニット10は、ソフトウェアの実行により生成された出力に応じてそれらを駆動するために、モータ6に接続されている。制御ユニット10は、センサからの検知された入力を受け取るためにセンサ7に接続されると共に、それからの入力を受け取るためにコマンドインターフェース13に接続されている。それぞれの接続は、例えば、それぞれが電気ケーブルまたは光ケーブルであってもよいし、無線接続であってもよい。コマンドインターフェース13は、ユーザが所望の方法でアームの動きを要請できる1つ以上の入力装置を備えている。入力装置は、例えば、コントロールハンドルやジョイスティックや光学式ジェスチャーセンサのような非接触入力装置などの手動で操作可能な機械式入力装置であってもよい。メモリ12に記憶されたソフトウェアは、これらの入力に応答し、それに応じて所定の制御手順に従ってアームのジョイントを移動させるように構成されている。制御手順は、コマンド入力に応答してアームの動きを加減する安全機能を含んでいてもよい。したがって、要約すると、外科医は、コマンドインターフェース13でロボットアーム1を制御して、所望の外科手術を実行するように動かすことができる。制御ユニット10および/またはコマンドインターフェース13は、アーム1から離れていてもよい。

【0037】

10

20

30

40

50

図2は、ロボットのリスト5をより詳細に示している。リスト5は、4つの回転ジョイント300, 301, 302, 303を備えている。かかるジョイントは、各ジョイントから次のジョイントに伸びるアームの剛性部位を含んで、直列に配置されている。リストの最も近位側のジョイント300は、アーム部位4bをアーム部位310に結合している。ジョイント300は、リストの関節のすぐ近位にあるアームの肢部4bにほぼ沿って指向されている、“ロール”回転軸304を有している。リストの次の最も近位側のジョイント301は、アーム部位310をアーム部位311に結合している。ジョイント301は、ジョイント300とジョイント301の全ての構成において軸304に垂直な“ピッチ”回転軸305を有している。リストの次の最も近位側のジョイント302は、アーム部位310をアーム部位311に結合している。ジョイント302は、ジョイント301, 302の全ての構成において軸305に垂直な“ヨー”回転軸306を有している。リストのいくつかの構成では、軸306は、軸304に対しても垂直である。リストの次の最も近位側のジョイント303は、アーム部位311をアーム部位4cに結合している。ジョイント303は、ジョイント302, 303の全ての構成において軸306に垂直な“ロール”回転軸307を有している。リストのいくつかの構成では、軸307は、軸305に対しても垂直であると共に、軸304と平行である（好ましくは同一直線上にあることが望ましい）。このことが特にコンパクトな構成を提供するために、軸305, 306が互いに交差していることが望ましい。ジョイント300, 303は、リストのいくつかの構成において、軸304, 307が軸305, 306の交点を通過できるように配置されていてもよい。

10

20

【0038】

このリストのデザインは、比較的コンパクトな形状で組み立てられることが可能であり、かつ、個々のジョイントに過度に高い速度を要求することができる運動範囲の特定の部分に特異点を有していないこと以外には、アーム部位4cの先端のアタッチメントポイント8に取り付けられたツールから広範囲の移動を可能にするという点で有利である。

【0039】

図3および図4は、図1のアーム1のリスト5の一部を実現するのに適した機構の一例を示している。図3および図4は、図2に301, 302で示すジョイントに対応する機構に絞っている（図5～10のように）。

30

【0040】

リスト5の領域において、剛性アーム部位310, 311は、中空の外側のシェルまたはケース310', 310", 311'を有している。かかるシェルは、アームの外面の大部分を画定していると共に、各シェルの外壁に部分的または完全に包囲され、その内部にモータやセンサやケーブルやアームの他のコンポーネントが収容される空隙を含んでいる。シェルは、金属、例えばアルミニウム合金や鋼、または複合体、例えば炭素繊維強化樹脂のような繊維強化樹脂複合体、から形成されていてもよい。シェルは、各ジョイント間に取り付けられるアーム部位の剛性構造の一部を構成している。シェルは、図7の実施形態について後述するような構造骨組を含んでいてもよい。

【0041】

図3および図4に、明確化のために、アーム部位310のシェルが、2つの部位310'と310"で示されており、両者はアウトラインで描画されていると共に互いに分解されている。アーム部位4b, 4cのシェルは、ジョイント300, 303に関連する機構と同様に、省略されている。アーム部位311のシェルは、部分的すなわち平部位311'から伸び出す大部分、が示されている。

40

【0042】

アーム部位310（シェル部位310'と310"で構成されている）のシェルと、アーム部位311（平部位311'から伸び出している）のシェルが、20と21で示されている2つの回転軸周りに互いに移動可能である。これらは、図2の軸305, 306に対応している。軸20, 21は直交している。軸20, 21は交差している。中央カプラ28は、ベアリング29, 30によってアーム部位310に取り付けられている。かかる

50

カプラは、ペアリング29, 30間に延び出している。ペアリング29, 30は、軸20周りのカプラとアーム部位の相対的な回転を可能にすることを除いては、カプラをアーム部位310に固定的に保持しており、したがって、図2のジョイント301に対応する回転ジョイントを規定している。さらにペアリング31は、遠位側のシェルコネクタ平部位311'をカプラ28に取り付けている。ペアリング31は、軸21周りの平部位とカプラの相対運動を許容することを除いて、遠位側シェルコネクタ平部位311'をカプラ28に固定的に保持しており、したがって、図2のジョイント302に対応する回転ジョイントを規定している。

【0043】

したがって、カプラ28は、軸21周りでアーム部位310に固定されている。カプラ28はまた、軸20周りでアーム部分311にも固定されている。すなわち、この機構は、カプラ28およびアーム部位310が軸21周りで相対的な回転または運動ができないように、また、カプラ28およびアーム部311が軸20周りで相対的な回転または運動ができないように構成されている。

【0044】

2つの電動モータ24, 25(図4参照)がアーム部位310に装着されている。かかるモータは、リスト機構の途中に延びる各駆動シャフト26, 27を駆動している。シャフト26は、軸20周りの回転を駆動する。シャフト27は、軸21周りの回転を駆動する。駆動シャフト26は、ウォームギア32の遠位端で終わっている。ウォームギア32は、カプラ28に固定されているベベルギア33に係合している。駆動シャフト27は、ウォームギア34の遠位端で終わっている。ウォームギア34は、さらにウォームギア36で終端する一般に35で示されるギア列に係合している。ウォーム形ピニオンギア36は、遠位側シェルコネクタ311'に固定されているハイポイドベベルギア37と係合している。

【0045】

本実施例においては、ギア33はカプラ28に直接取り付けられている。すなわち、カプラ28はギア33に当接している。したがって、ギア33はカプラ28に取り付けられている。遠位側シェルコネクタ平部位311'もギア37に直接取り付けられている。したがって、ギア37は、コネクタ平部位311'に当接してもよい。

【0046】

シャフト26および27は平行であり、共にアーム部位310に沿って延びている。特に、シャフト26, 27は、アーム部位310の長手方向と実質的に平行な方向に延びている。シャフト26, 27は、アーム部310の長手方向に平行であってもよいし、アーム部位310の全体的な長手方向に対してある角度をなして取り付けられてもよい。例えば、アーム部位310は、近位端から遠位端に向かってテーパ状に形成されていてもよく、シャフト26, 27は、アーム部位310のテーパ角度に平行な方向に延びていてもよい。

【0047】

ウォームギア32, 34は、駆動シャフト26, 27にそれぞれ取り付けられているので、シャフトギアと呼ぶことができる。ギア33の回転は、アーム部位310に対するアーム部分311の軸20周りの回転を駆動することから、ギア33は駆動ギアと呼ぶことができる。同様に、ギア37の回転は、アーム部位310に対するアーム部分311の軸21周りの回転を駆動することから、ギア37もまた駆動ギアと呼ぶことができる。

【0048】

ギア33は、セクターギアとして形成されている。すなわち、動作円弧(その歯の円弧によって図3および図4の例で定義されている)が360°未満である。

【0049】

ギア列35は、カプラ28によって支持されている。ギア列35は、ウォームギア34に係合する入力ギア38を備えている。入力ギア38は、カプラ28に対するその回転軸が軸20と一致するように配置されている。このことは、軸20周りのアーム部位310

10

20

30

40

50

に対するカプラ 2 8 の構成にかかわらず、入力ギアがウォームギア 3 4 と係合し続けることができるこ¹⁰とができるこ²⁰とを意味している。軸 2 0 と平行な軸を有する一連のさらなるギアは、キャリア 2 8 に対する回転軸と平行であるが軸 2 0 からオフセットしているシャフト 4 0 上において入力ギア 3 8 から出力ギア 3 9 に駆動を伝達する。シャフト 4 0 はウォームギア 3 6 で終わっている。シャフト 4 0 は軸 2 0 に平行に延びている。ギア列 3 5 のギアは、シャフト 4 0 と共に、カプラ 2 8 によって支持されている。

【0050】

次に、リスト機構の動作について説明する。軸 2 0 周りの動きに対しては、モータ 2 4 がシャフト 2 6 を駆動して、アーム部位 3 1 0 に対して回転するように操作される。これにより、ベベルギア 3 3 が駆動され、したがって、カプラ 2 8 および遠位側シェル平部位 3 1 1' は、アーム部位 3 1 0 に対して軸 2 0 周りに回転する。軸 2 1 周りの動きに対しては、モータ 2 5 がシャフト 2 7 を駆動して、アーム部位 3 1 0 に対して回転するように操作される。これにより、ベベルギア 3 7 が駆動され、したがって、遠位側シェルコネクタ平部位 3 1 1' は、アーム部位 3 1 0 に対して軸 2 1 周りに回転する。駆動シャフト 2 6 が回転されると、カプラ 2 8 を回転駆動して、駆動シャフト 2 7 が静止している間、軸 2 1 周りに遠位側シェルコネクタ平部位 3 1 1' の寄生運動を生じさせるように、ギア 3 8 もカプラ 2 8 に対して回転する、ことが確認されるであろう。これを防止するために、アームの制御システム 1 0 は、必要に応じて、駆動シャフト 2 6 の動きに連動して駆動シャフト 2 7 の補償動作を行い、軸 2 0 周りの動きから軸 2 1 周りの動きを分離するよう構成されている、例えば、シェル 3 1 0, 3 1 1 を軸 2 0 周りだけで相対運動させる必要がある場合には、モータ 2 4 を作動させてその運動を生じさせる一方、同時にモータ 2 5 は、入力ギア 3 8 がキャリア 2 8 に対して回転するのを防止するように操作される。²⁰

【0051】

図 3 および図 4 に示される機構の様々な態様は、機構を特にコンパクトにする手助けをするのに有利である。

1. ベベルギア 3 3 は、部分円形、すなわちその歯が完全な円を含まない、方が都合がよい。例えば、ギア 3 3 は、270°未満であってもよいし、180°未満であってもよいし、あるいは90°未満であってもよい。このことは、もう一方のベベルギア 3 7 の少なくとも一部が、ギア 3 3 の軸の周りでギア 3 3 の最も外側の部分と同じ半径を有する、ギア 3 3 と一致する円と交差するように配置されることを許容している。かかる特徴は、複合ジョイントの広がりの規模を減少させるのに役立つと同時に、一対のロールジョイントと共にそれらの間に一対のピッチ / ヨージョイントを備えた、図 2 に示されるタイプのリストにおいて特に重要である、それは、このタイプのジョイントでは、ピッチ / ヨージョイント間に冗長度があるので、軸 2 0 周りの運動が制限されたとしても、アームの遠位端の広範囲の位置に到達することができるからである。³⁰

2. 部品ギア 3 3 が、軸 2 1 を中心とした回転とは反対に、キャリア 2 8 が最近接アーム部位 3 1 0 に対して回動する際の軸 2 0 を中心として回転する方が都合がよい、それは、前述の円と交差するシャフト 4 0 を収容するように部品ギアを切断することもできるからである。これにより、ギア列 3 5 に対してベベルギア 3 3 の反対側にウォームギア 3 6 を位置させることで省スペース化を図ることができる。しかしながら、他の設計では、部品ギアは軸 2 1 周りに回転することができることから、ギア 3 7 は部分円形の形状とすることができます。⁴⁰

3. ウォームギア 3 2, 3 4 がベベルギア 3 7 に対して軸 2 0 の反対側に位置している方が都合がよい。すなわち、片側にウォームギア 3 2, 3 4 が配置され、反対側にベベルギア 3 7 が配置された、軸 2 0 を含む平面があるのである。このことは、コンパクトな包装配置を提供する手助けとなる。したがって、両方のウォームギア 3 2 および 3 4 は、アーム部位 3 1 0 の長手方向に平行な軸 2 0 を含む平面の片側に配置される。

4. ウォームギア 3 4 がウォームギア 3 6 から離れてベベルギア 3 3 の反対側に位置し、および / またはギア列 3 5 がウォームギア 3 6 から離れてベベルギア 3 3 の反対側のみに配置されている方が都合がよい。このことはまた、コンパクトな包装配置を提供する手助⁵⁰

けとなる。すなわち、ギア列 35（ギア 38, 39 のような全ての連結ギアを含む）は、ギア 33 の一方の側に位置してもよい。言い換えれば、ギア列 35（連結されたギアを含む）およびギア 33 は、軸 21 およびアーム部位 310 の長手方向の両方に平行な平面の両側に配置される。その平面は軸 21 を含んでもよい。

5. 好都合なことに、ギア 33 および / またはギア 37 は、それぞれの外形半径の平面内に配置されたウォームギアから離れるような駆動が可能であることから、ベベルギアとして提供されている。しかし、それらは、ウォームギア 32, 34 または径方向に歯が付けられたギアによってそれら外面に係合された外歯ギアであってもよい。

6. 好都合なことに、ベベルギア 33 は、ウォームギア 32, 34 間に介在するように配置されている。このことは、モータ 24, 25 のコンパクトな包装の手助けとなる。 10

7. 好都合なことに、ベベルギアおよびそれらに結合するウォームギアは、ハイポイドや斜行軸、例えば、スピロイド（登録商標）、とすることができる。これらのギアは、比較的コンパクトな形態で比較的高いトルク容量を可能にする。

【0052】

図 5 および図 6 は、図 2 に示すタイプのリスト内のジョイント 301, 302 を提供するのに適したリスト機構の第 2 の形態を示している。

【0053】

図 5 に示すように、リストは、図 2 のアーム部位 310, 311 のそれぞれの外面を規定する一対の剛性の外側のシェル 310'、311' を備えている。310' は、シェルの中でより近位にある。シェル 310'、311' によって形成されたアーム部位は、図 2 の軸 305, 306 にそれぞれ対応する、軸 62, 63 を中心として互いに相対的に回動できる。軸 62, 63 は直交している。軸 62, 63 は交差している。シェル 310'、311' は、リストの領域におけるアームの外側を規定しており、以下に詳細に説明するように、回転機構を収容するためや、ケーブル等を通すためのスペース確保のために中空とされている。シェルは、金属、例えば、アルミニウム合金や鋼、または複合体、例えば、炭素繊維のような繊維強化樹脂複合体から製造することができる。シェルは、各ジョイントの間に取り付けられるアーム部位の主要な剛体構造を構成している。 20

【0054】

図 6 は、明確化のためにシェル 311' が取り外された状態で、遠位側および片側から見た同じ機構を示している。 30

【0055】

シェル 310' は、十字型カプラ 64 によってシェル 311' に連結されている。カプラは、ほぼアームの長さ方向に延びて、その中心を通るダクトを画定する中央チューブ 65 を有している。第 1 アーム 66, 67 および第 2 アーム 68, 69 は、チューブから延び出している。各シェル 310'、311' は、単一の軸を中心として回転するだけでカプラに対する移動に限定されるように、回転ジョイントによってカプラ 64 に取り付けられている。第 1 アーム 66, 67 は、軸 62 を中心とする第 1 アームとシェル 310' 間の回転を許容する、ペアリング 70, 71 によってシェル 310' に取り付けられている。第 2 アーム 68, 69 は、軸 63 を中心とする第 2 アームとシェル 311' 間の回転を許容する、ペアリング 72, 73 によってシェル 311' に取り付けられている。第 1 ベベルギア 74 は、第 1 アーム 66, 67 と同心である。第 1 ベベルギア 74 は、カプラ 64 に固定されており、2 つのシェルの近位側の一方 310' に対して回転自在とされている。第 2 ベベルギア 75 は、第 2 アーム 68, 69 と同心である。第 2 ベベルギアは、2 つのシェルの遠位側の一方 311' に固定されており、カプラ 64 に対して回転自在とされている。 40

【0056】

カプラの一対のアーム 66, 67 は、一対のアーム 68, 69 に対して垂直である。アーム 66, 67 は、回転軸 62 上に位置しており、アーム 68, 69 は回転軸 63 上に位置している。カプラ 64 はギア 74 に直接取り付けられている。したがって、カプラ 64 はギア 74 に当接している。カプラ 64（ひいてはギア 74）は、軸 62 周りでアーム部 50

位 310 に対して回転可能とされている。しかしながら、カプラ 64 とギア 74 は、アーム部位 310 に対して軸 63 周りで固定されており、それによって、カプラ 64 とアーム部位 310との間に軸 63 周りの相対的な運動または回転が生じ得ないようになっている。

【0057】

ベルギア 75 は、アーム部位 311 に直接取り付けられていてもよい。ベルギア 75 は、カプラ 64 (ひいてはアーム部 310) に対して軸 63 周りで回転可能とされている。しかしながら、ギア 75 はカプラ 64 に対して軸 62 周りで固定されている。すなわち、カプラ 64 とギア 75 との間に軸 62 周りの相対的な回転または運動が生じ得ないようになっている。

10

【0058】

2つのシャフト 76, 77 は、複合ジョイントの動きを操作している。かかるシャフトは、シェル 310' の近位側の一方からジョイントの中央領域に延びている。各シャフトは、その近位端において、それぞれの電気モータ (図示せず) のシャフトに取り付けられており、かかるモータのハウジングは、近位側シェル 310' 内に固定されている。このようにして、シャフト 76, 77 は、モータによって駆動されて、近位側シェル 310' に対して回転可能となっている。

【0059】

シャフト 76 およびそれに関連するモータは、軸 62 を中心とする動きを操作する。シャフト 76 は、ベルギア 74 と係合するウォームギア 78 の遠位端で終端する。シャフト 76 の回転は、軸 62 を中心として、シェル 310' に対してベルギア 74 を回転させる。ベルギア 74 は、遠位側シェル 311' を順番に有しているカプラ 64 に固定されている。したがって、シャフト 76 の回転により、軸 62 を中心としてシェル 310', 311' が相対的に回転する。

20

【0060】

シャフト 77 およびそれに関連するモータは、軸 63 を中心とする動きを操作する。これを行うために、カプラ 64 によって携帯されるウォームギア 79 を用いて最終的にベルギア 75 を駆動しなければならない。かかるウォームギア 79 の回転により、カプラと遠位側シェル 311' との相対的な回転を生じさせることができる。これを達成するために、駆動は、カプラ 64 によって支持された一対のギア 80, 81 を介してシャフト 77 からウォームギア 79 を軸支するシャフトに伝達されている。シャフト 77 は、近位側からキャリア 64 に接近している。ギア 80, 81 は、カプラの遠位側に配置されている。したがって、ギア 80, 81 および 79 は、軸 62 および 63 周りでカプラ 64 に固定されている。シャフト 77 は、カプラの中心においてチューブ 65 によって画成されたダクトを通過する。第 1 シェル 310' に対するカプラ 64 の動きに適応するために、シャフト 77 は、その長さに沿ってユニバーサルまたはフックジョイント 82 を有する。ユニバーサルジョイント 82 は、軸 62 上に位置している。フックジョイントの代わりに、シャフトは、別の形態の可撓性結合、例えば、弾性結合 (シャフトと一体であってもよい) または等速ジョイントの形態、を有していてもよい。

30

【0061】

ウォームギア 78 は、駆動シャフト 76 に取り付けられていることから、シャフトギアと呼ぶことができる。ギア 74 の回転は、アーム部位 310 に対するアーム部位 311 の軸 62 周りの回転を駆動することから、ギア 74 は駆動ギアと呼ぶことができる。同様に、ギア 75 の回転は、アーム部位 310 に対するアーム部位 311 の軸 63 周りの回転を駆動することから、ギア 75 もまた駆動ギアと呼ぶことができる。

40

【0062】

シャフト 77 は、回転軸 63 を含む平面を横断する。この平面はさらに、回転軸 62 を含む。したがって、シャフト 77 は、その平面の近位にある近位部分と、その平面の遠位にある遠位部分とを含む。シャフト 77 の近位部分は、モータに取り付けられているか、そうでなければ連結されている。シャフトの遠位部分はギア 80 に取り付けられている。

50

したがって、ギア 80 は、その平面の遠位側に配置される。ギア 80 は、シャフトギアと呼ぶこともできる。シャフト 77 の近位部分および遠位部分は、フックジョイント 82 によって分離されてもよい。フックジョイントにより、シャフト 77 の近位部分および遠位部分が互いに回転して、近位部分の回転が遠位部分に連結されるようになっている。シャフト 77 の遠位部分がギア 80 に取り付けられることから、ギア 80 はシャフト 77 と回転的に固定される。

【0063】

ギア 80 は、ギア 81 と係合する、または噛合する。本実施例では、ギア 80 および 81 は平歯車である。ギア 80 および 81 は、平行であるがオフセットされた回転軸を有する。ギア 80 の回転軸は、シャフト 77 の遠位部分の回転軸と同一線上にある。ウォームギア 79 は、ギア 81 の回転に応じて回転するように構成されている。ウォームギア 79 は、ギア 81 の回転がウォームギア 79 の対応する回転を引き起こすように、ギア 81 と回転的に固定されていてもよい。ウォームギア 79 は、ギア 81 の回転軸と同一線上にある回転軸を有していてもよい。したがって、ギア 80 および 81 は、シャフト 77 の回転を、シャフト 77 の遠位部分の回転軸に平行な回転軸の周りでギア 79 の回転に連結するよう作動する。

【0064】

ウォームギア 79 の回転軸は、ギア 75 の回転軸（軸 63）と平行ではなく、交差しない。したがって、ギア 75 は斜行軸ギアである。同様に、ウォームギア 78 およびギア 74 の回転軸は、非平行かつ非交差である。したがって、ギア 74 も斜行軸ギアである。

【0065】

カプラ 64 を軸 62 周りで回転させるシャフト 76 の回転は、シャフト 77 が静止しているときにギア 80, 81（ひいてはウォームギア 79）を回転させ、シェル 310' に対する遠位側シェル 311' の回転軸 63 周りの寄生運動を引き起こす場合があることが確認されている。これは、シャフト 77 の回転によって駆動される軸 62 周りのカプラ 64 の回転がフックジョイント 82 によって調整される必要があり、そのカプラ 64 の回転がフックジョイントの、シャフト 77 の長手方向の軸周りの寄生回転を引き起こす場合があるからである。このようなフックジョイントの寄生回転は、結果として、ギア 80, 81 の回転、ひいてはベベルギア 75 の回転を引き起こす可能性がある。このような寄生運動は、フックジョイントのヒンジ軸が互いに垂直でない場合、および／またはヒンジ軸の 1 つが回転軸 62 と平行でなく一致もしていない場合には一般的である。

【0066】

この寄生運動を防止するために、制御システム 10 は、シャフト 76 の運動に連動してシャフト 77 の補償運動を駆動し軸 63 周りの運動から軸 62 周りの運動を分離させるように構成されていてもよい。このように、制御システム 10 は、モータを作動させてシャフト 76 の回転を駆動して、アーム部位 310' に対するアーム部位 311' の軸 62 周りの回転を引き起こすと同時に、モータを作動させてシャフト 77 を駆動して、軸 63 周りの寄生回転を防止するようにシャフト 77 を回転させるように構成されていてもよい。制御システム 10 は、ロボットアームが軸 63 周りで関節運動することなく軸 62 周りで関節運動するように命令されたときにこのように作動するように構成することができる。

【0067】

制御システム 10 はまた、フックジョイント 82 の回転における不規則性を減少させる（すなわち滑らかさを増加させる）ようにシャフト 76 および／又は 77 の回転を駆動するように構成されてもよい。フックジョイントは、軸から外れているとき、すなわち、アーム部位 311' が軸 62 周りでアーム部位 310' に対してピッチングされているとき、回転が不規則になることがある。したがって、アーム部位 311' が軸 62 周りでアーム部位 310' に対してピッチングされているときに、アーム部位 311' がアーム部位 310' に対して軸 63 周りで関節運動するように命令されると、制御システムは、シャフト 77 の回転を駆動して、フックジョイント 82 の滑らかなまたは一定した回転速度を維持するように作動してもよい。これは、軸 63 周りの滑らかな、および／又は一定した

10

20

30

40

50

回転を供給するのに役立ち得る。

【0068】

この機構は、機構の構成要素がシェルの動きを過度に制限することなく、軸62および軸63の周りで回転するため特にコンパクトかつ軽量かつ剛性の駆動装置の提供を可能にしていることが判明した。これにより、両モータを近位側シェル内に収容することが可能となり、遠位側の重量を低減できる。

【0069】

図5および図6に示されている機構の様々な様子は、機構を特にコンパクトにする手助けをするのに有利である。

1. ベベルギア74は、部分円形、すなわちその歯が完全な円を含まない、方が都合がよい。例えば、ギア74は、 270° 未満であってもよいし、 180° 未満であってもよいし、あるいは 90° 未満であってもよい。このことは、もう一方のベベルギア75の少なくとも一部が、ギア74の軸の周りでギア74の最も外側の部分と同じ半径を有する、ギア74と一致する円と交差するように配置されることを許容している。かかる特徴は、複合ジョイントの広がりの規模を減少させるのに役立つとともに、一対のロールジョイントと共にそれらの間に一対のピッチ／ヨージョイントを備えた、図2に示されるタイプのリストにおいて特に重要である、それは、このタイプのジョイントでは、ピッチ／ヨージョイント間に冗長度があるので、軸62周りの運動が制限されたとしても、アームの遠位端の広範囲の位置に到達することができるからである。図6に示すように、ベベルギア74は、その歯に含まれない領域では半径が小さくなっている。他の実施形態の部分円形ベベルギアも同様にして形成されてもよい。

2. 好都合なことに、ギア74および／またはギア75は、それぞれの外形半径の平面内に配置されたウォームギアから離れるような駆動が可能であることから、ベベルギアとして提供されている。しかし、それらは、ウォームギア76, 79または径方向に歯が付けられたギアによってそれら外面に係合された外歯ギアであってもよい。

3. 好都合なことに、ベベルギアおよびそれらに結合するウォームギアは、斜行軸、例えば、スピロイド（登録商標）、とすることができる。これらのギアは、比較的コンパクトな形態で比較的高いトルク容量を可能にする。

【0070】

図7～10は、リスト機構の別の形態を示す。これらの図において、アーム部位310, 311のシェルは省略され、アーム部位内の構造が露出されている。近位側アーム部位310は、構造骨組100を有し、この構造骨組100は、いくつかの図面において概略的に示されている。遠位側アーム部位311は、構造骨組101を有している。アーム部位310, 311は、図2の軸305, 306にそれぞれ対応する、軸102, 103を中心として互いに相対回転可能である。キャリア104は、アーム部位310, 311と共に連結している。キャリア104は、ベアリング105, 190によってアーム部位310に取り付けられている。これらのベアリングは、アーム部位310とキャリア104の間の軸102周りの回転ジョイントを規定している。キャリア104は、ベアリング106によってアーム部位311に取り付けられている。これらのベアリングは、アーム部位311とキャリア104の間の軸103周りの回転ジョイントを規定している。軸102を中心とする第1ベベルギア107は、キャリア104に固定されている。軸103の周りの第2ベベルギア108は、アーム部位311に固定されている。

【0071】

したがって、キャリア104は、アーム部位310に対して軸102周りで回転することができる。しかし、キャリア104は、それ以外においてはアーム部位310に固定されており、特に、軸103周りで固定されている。したがって、キャリア104は、アーム部位310に対して軸103周りの相対回転を許容されていない。第2ベベルギア108は、キャリア104に対して軸103周りで回転することができる。第2ベベルギア108（ひいてはアーム部位311）は、軸102周りでキャリアに固定されていてもよい。したがって、第2ベベルギア108は、キャリア104に対して軸103周りの相対回

10

20

30

40

50

軸を許容されているが、キャリアに対する軸 102 周りの相対回転は許容されていない。

【0072】

軸 102 および 103 は、本実施例では直交しているが、一般には、2 本の非平行な軸である。それらは、互いに実質的に直交していてもよい。これらの軸は、ジョイント 301 および 302 の少なくとも 1 つの構成において、アーム部位 310 の長手方向を実質的に横断している。示された装置では、そのような構成の 1 つは、アーム部位 311 がアーム部位 310 に対して関節運動していない場合である。デカルト座標系のコンテキストでは、軸 102 は「ピッチ」回転軸であり、軸 103 は「ヨー」回転軸であると考えることができる。

【0073】

この中で説明した他の機構と同様に、キャリア 104 は、肢 310, 311 の内側に配置されている。

【0074】

2 つのモータ 109, 110 が、アーム部位 310 の骨組 100 に固定されている。モータ 109 はシャフト 111 を駆動する。シャフト 111 は剛体であり、ベルギア 107 と係合するウォームギア 118 で終端している。モータ 109 が操作されると、シャフト 111 は、近位側アーム部位 310 に対して回転して、ベルギア 107、それゆえカプラ 104 とアーム部位 311 を駆動して、軸 102 を中心にアーム部位 310 に対して回転する。モータ 110 は、シャフト 112 を駆動する。シャフト 112 は、ベルギア 108 に係合する遠位端部近傍にウォームギア 113 を有している。カプラ 104 が軸 102 周りに移動する際にモータ 110 に対するベルギア 108 の運動を収容するために、シャフト 112 は、一対のユニバーサルジョイント 114, 115 と、シャフト 112 の軸方向の伸縮を収容するスライド結合されたカプラ 116 を備えている。シャフト 112 の最終部位は、ベアリング 117 によってカプラ 104 に取り付けられている。

【0075】

スライド結合されたカプラ 116 は、直進ジョイントの例である。

【0076】

ベアリング 117 によってキャリア 104 に取り付けられたシャフト 112 の遠位部分は、ウォームギア 113（図 10 に最も明瞭に示されている）に固定されている。ベアリング 117 は、カプラ 116 に対してユニバーサルジョイント 115 の反対側に位置する回転ジョイントを画定する。この回転ジョイントは、シャフト 112 の遠位部分がキャリア 104 に対して回転することを許容する。シャフト 112 の遠位部分は、キャリアの全ての回転位置において軸 102 に垂直な方向に延びており、軸 102 に垂直な軸周りでキャリア 104 に対して回転可能である。図 7 を参照すると、シャフト 112 は、アーム部位 310 の長手方向を横断する軸 102 を含む平面を横断することが分かる。本実施例では、シャフト 112 の遠位部分は、ウォームギア 113 に直接取り付けられているので、ウォームギアとキャリア 104 との間を延びている。シャフト 112 の遠位部分は、キャリア 104 が軸 102 周りで関節運動する際に、ウォームギア 113 をベルギア 108 と確実に係合させるようにキャリア 104 に取り付けられている。

【0077】

シャフト 112 のユニバーサルジョイント 114 および 115 は、カプラ 116 の両側に配置されている。両方のユニバーサルジョイントは、回転軸 102 および 103 よりも近位に配置されている。ユニバーサルジョイント 114, 115 およびカプラ 116 は、キャリア 104 が軸 102 周りでアーム部位 310 に対して回転可能となるように配置される。

【0078】

ベルギア 107 は、軸 102 周りに配置される。すなわち、ギア 107 はその回転軸として軸 102 を有する。ギア 107 の軸 102 周りの回転は、アーム部位 310 に対するアーム部位 311 の回転を駆動する。したがって、ギア 107 は、駆動ギアと呼ぶことができる。

10

20

30

40

50

【0079】

ベルギア108は、軸103周りに配置される。したがって、ベルギア108はその回転軸として軸103を有する。ギア108の軸103周りの回転は、アーム部位311のアーム部位310に対する軸310周りの回転を駆動する。したがって、ギア108もまた、駆動ギアと呼ぶことができる。

【0080】

シャフト111は、アーム部位310の長手方向に沿って延びている。シャフト111の長手方向の軸は、軸102および103周りのキャリア104の全ての回転位置において、軸102と垂直であってもよい。シャフト111（および取り付けられたウォームギア118）は、シャフト111の長手方向の軸周りで回転する。この回転軸は、ギア107の回転軸102と非平行かつ非交差である。したがって、ギア107は斜行軸ギアである。10

【0081】

両方のウォームギア113および118は、アーム部位311が軸103周りでアーム部位310と整列したとき、換言すれば、アーム部位311がアーム部位310に対してヨーイングしていないとき、アーム部位311の長手方向を横断する、軸103を含む平面の一方の側に位置していてもよい。特に、両方のウォームギアがその平面の近位側に位置していてもよい。しかし、ウォームギア113および118は、アーム部位311の長手方向に平行な軸102を含む平面の両側に位置していてもよい。

【0082】

キャリア104が軸102周りで関節運動するとき、ユニバーサルジョイント114および115ならびにカプラ116の作動により、ウォームギア113および118は軸102周りで互いに回転する。アーム部位310が軸102周りでアーム部位311と整列したとき（すなわち、アーム部位311がアーム部位310に対してピッチングしていないとき）、ウォームギア113およびシャフト112の遠位部分はウォームギア118およびシャフト111と平行である。アーム部位の軸102周りの他の全ての構成においては、ウォームギア113およびシャフト112の遠位部分はウォームギア118およびシャフト111と非平行である。20

【0083】

ウォームギア113および118は、それぞれ対応する駆動シャフト112および111に取り付けられていることから、シャフトギアと呼ぶことができる。30

【0084】

次に、ジョイント機構の作動について説明する。

【0085】

軸102周りの関節運動を駆動するために、モータ109が操作され、駆動シャフト111をその長手方向の軸周りに回転させる。シャフトギア118がシャフト111に取り付けられていることから、シャフト111の回転により、シャフトギア118もシャフト111の長手方向の軸周りで回転する。シャフトギア118は、駆動ギア107と係合し、駆動ギア107を軸102周りでアーム部位310に対して回転させる。キャリア104は駆動ギア107に固定されていることから、駆動ギア107の回転はキャリア104のアーム部位310に対する軸102周りの回転を引き起す。キャリア104の軸102周りの回転は、アーム部位311のアーム部位310に対する軸102周りの関節運動を駆動する。キャリア104が軸102周りで回転することにより、ユニバーサルジョイント114および115ならびに直進ジョイント116が関節運動して、シャフトギア118に対するシャフトギア113の軸102周りの回転を調節する。40

【0086】

軸103周りの関節運動を駆動するために、モータ110が操作され、駆動シャフト112を回転させる。駆動シャフト112の近位端の回転は、ユニバーサルジョイント114および115（およびカプラ116）を介してシャフトギア113の回転に連結される。シャフトギア113がベルギア108に係合する。したがって、シャフトギア113

10

20

30

40

50

の回転は、ギア 108 のキャリア 104 に対する軸 103 周りの回転を駆動する。ベベルギア 108 はアーム部分 311 に固定されていることから、ギア 108 の回転はアーム部位 311 を軸 103 周りでアーム部位 310 に対して関節運動させる。

【0087】

シャフト 112 が静止したままである間に駆動シャフト 111 が回転すると、アーム部位 311 の軸 103 周りの寄生運動を引き起こす場合がある。これは、キャリア 104 が軸 102 周りで回転することにより、ユニバーサルジョイント 114 および 115 が回転し、ウォームギア 113 ひいてはベベルギア 108 の回転を駆動する場合があるからである。この寄生運動を防止するために、制御システム 10 は、モータ 109 を操作してシャフト 111 の回転を駆動し、アーム部位 310 に対してアーム部位 311 を軸 102 周りで回転させると同時に、モータ 110 を操作して、軸 103 周りの寄生回転を防止するよう 10 にシャフト 112 の回転を駆動するように構成されていてもよい。制御システム 10 は、ロボットアームが軸 103 周りで関節運動することなく軸 102 周りで関節運動するように命令されたときにこのように作動するように構成することができる。

【0088】

制御システム 10 はまた、ユニバーサルジョイント 114 および 115 の回転における不規則性を減少させるように、シャフト 112 の回転を駆動するように構成されてもよい。フックジョイントは、それらが軸から外れているとき、すなわち、アーム部位 311 がアーム部位 310 に対してピッチングしているとき、回転が不規則または一貫性のないものになることがある。したがって、アーム部位 311 がアーム部位 310 に対してピッチングしているとき、アーム部位 311 がアーム部位 310 に対して軸 103 周りで関節運動するように命令されると、制御システム 10 は、シャフト 112 の回転を駆動して、フックジョイント 114 および 115 の滑らかなまたは一定した回転速度を維持するように作動してもよい。これは、軸 103 周りの滑らかな、および / 又は一定した回転を供給するのに役立ち得る。 20

【0089】

図 7 ~ 10 に示す機構の様々な態様は、機構を特にコンパクトにするのに役立つという点で有利である。例えば以下のようなことである。

【0090】

ベベルギア 107 は、部分円形、すなわちその歯が完全な円を含まない、方が都合がよい。例えば、ギア 107 は、270° 未満であってもよいし、180° 未満であってもよいし、あるいは 90° 未満であってもよい。このことは、もう一方のベベルギア 108 の少なくとも一部が、ギア 107 の軸の周りでギア 107 の最も外側の部分と同じ半径を有する、ギア 107 と一致する円と交差するように配置されることを許容している。かかる特徴は、複合ジョイントの広がりの規模を減少させるのに役立つと同時に、一対のロールジョイントと共にそれらの間に一対のピッチ / ヨージョイントを備えた、図 2 に示されるタイプのリストにおいて特に重要である、それは、このタイプのジョイントでは、ピッチ / ヨージョイント間に冗長度があるので、軸 102 周りの運動が制限されたとしても、アームの遠位端の広範囲の位置に到達することができる。 30

【0091】

ウォームギア 118 および 113 がベベルギア 107 の両側に位置していると都合がよい。

言い換れば、ベベルギア 107 は、ウォームギア 113 および 118 との間に介在されてもよい。これは、コンパクトなパッケージ構成を提供するのに役立ち得る。好都合なことに、ギア 107 および / またはギア 108 は、それぞれの外形半径の平面内に配置されたウォームギアから離れるような駆動が可能であることから、ベベルギアとして提供されている。しかし、それらは、シャフト 111, 112 に取り付けられたウォームギアまたは外面に歯が付けられたギアによってそれらの外面に係合された外歯ギアであってもよい。

【0092】

10

20

30

40

50

好都合なことに、ベベルギアおよびそれらに結合するウォームギアは、斜行軸、例えば、スピロイド（登録商標）形状、とすることができる。これらのギアは、比較的コンパクトな形態で比較的高いトルク容量を可能にする。

【0093】

上述したメカニズムに対しては、様々な変更を行うことができる。以下のものは、例示であって、限定するものではない。

- 軸305, 306に対応する軸は交差する必要もないし、直交する必要もない。

一般に、軸305および306に対応する軸は、2本の非平行な回転軸である。これらは、ジョイント301および302の全ての構成において互いに実質的に垂直であってもよい。各軸は、ジョイント301および302の少なくとも1つの構成において、アーム部位310の長手方向を実質的に横断してもよい。そのような構成の1つは、アーム部位311がアーム部位310に対してピッチングまたはヨーイングしていない場合である。

- 軸305および306に対応する軸は非平行であるが、互いに直交する必要はない。軸305は、軸304に対して平行ではないが、直交である必要はない。軸306は、軸307に対して平行ではないが、直交である必要はない。

- 軸304と軸307に対応する軸は、平行かつ同一線上にある必要はない。それらは平行であってもよいが、同一線上にある必要はない。

例えば、アーム部位3bは、アーム部位3cに対してクランクされ得る。

- ベベルギアまたはそれらの外歯ギアの同等のものは、ウォームギアによって駆動される必要はない。それらは、他のギアによって駆動され得る。例えば、ピニオンで駆動することができる。

- したがって、駆動ギアは、ベベルギアであってもよいし、外歯ギア、すなわち半径方向に延びる歯を有するギアのような他の種類のリングギアであってもよい。

シャフトギアは、ウォームギアであってもよいし、ピニオンのような他の種類のギア、例えばベベルギアであってもよい。

- いずれか一方または両方のベベルギアは、部品ギアであってもよい。より一般的には、いずれか一方または両方の駆動ギアが部分ギアであってもよい。

- 上記実施形態では、機構は、ロボットアーム用のリストの一部を構成している。かかる機構は、他の用途、例えばロボットアームの他の部分や、ロボットツールや、カメラ用の制御ヘッドのような非ロボット用途、に用いられてもよい。

【0094】

図1を参照して説明したように、各ジョイントには、そのジョイントの軸にかかるトルクを感じるトルクセンサが備えられている。トルクセンサからのデータは、アームの操作を制御するために使用するために制御ユニット10に提供される。

【0095】

図9および図10は、トルクセンサの1つとその取り付け配置を断面で示している。トルクセンサ150は、キャリア104から遠位側アームフレーム101まで延びる軸103にかかるトルクを測定する。上述したように、ベベルギア108は、フレーム101に固定されており、キャリア104に対して軸103周りに回転可能とされている。ベベルギア108は、径方向に延びるギア部151と軸方向に延びるネック部153を備えており、ギア部151からはそのギア歯152が軸方向に延び出している。ネック153と、径方向に延びるギア部151と、ギア歯152は互いに一体化されている。ネック153の内壁および外壁は、円筒形状である。一対のローラまたはボールベアリング類106, 154は、ネックの外壁周りにぴったりとフィットしている。ベアリングは、キャリア104のカップ内に位置し、軸103を中心にキャリアに対してベベルギア108の回転を許容しながら、キャリアに対して適切な位置にネック153を保持している。

【0096】

トルクセンサ150は、径方向に延びるトップフランジ155と、トップフランジ155から軸方向に延びるねじれチューブ156と、ねじれチューブ156のトップフランジ155とは反対側の端部に雌ねじが形成されたベース157と、を備えている。トップフ

10

20

30

40

50

ランジ 155 は、ベベルギア 108 のギア部 151 に接している。トップフランジはボルト 158 によってギア部に固定的に保持されている。ねじれチューブ 156 は、ベベルギア 108 のネック 153 の内側に延び出している。ねじれチューブの外壁は、円筒形状である。ベース 157 の外側は、軸 103 に対してかかる 2 つを固定的に保持するように、フレーム 101 内の対応する構造と確実に係合するスプライン構造で構成されている。ボルト 159 は、フレーム 101 を貫通してベース 157 に延び、それらと一緒にクランプする。したがって、それは、ベベルギア 108 をアームフレーム 101 に取り付けるトルクセンサ 150 であり、軸 103 にかかるトルクがトルクセンサを介して印加されている。ねじれチューブは、中空内部と、そのねじれチューブ 150 に比べて薄肉の壁と、を有している。トルクセンサを介してトルクが印加されると、ねじれチューブのわずかなねじれ歪みが生じる。ねじれチューブのゆがみは、ねじれチューブの内壁に固定された歪みゲージ 160 によって測定される。歪みゲージは、軸 103 に対するトルクを表す、ねじれを示す電気出力を形成する。歪みゲージは、例えば光出力を提供する光干渉歪み計のような、別の形態であってもよい。

【0097】

トルクセンサから最も正確な出力を得るためにには、ねじれチューブ 156 を迂回するようなベベルギア 108 からフレーム 101 へのトルク伝達は回避すべきである。そのため、ベベルギア 108 のネック 153 とトルクセンサのベース 157 間の摩擦を低減することが好ましい。1 つの可能性は、ベベルギアのネックと、トルクセンサのベースおよびねじれチューブの両方との間に隙間を設けることである。しかしながら、このことは、軸 103 を横断する方向にねじれチューブに剪断力を加えることを可能にし、歪みゲージ 160 をねじれ力以外にさらすことによりトルクセンサの精度を低下させる。もう 1 つの選択肢は、ベベルギア 108 のネックの内部とトルクセンサのベース 157 の外部の間にペアリング類を導入することである。しかし、このことは、機構によって占有される体積を実質的に増加させる。代わりに、図 8 に示された構成は、良好な結果を与えることが示されている。スリープまたはブッシング 161 は、ねじれチューブ 156 の周りの、ベベルギア 108 のネック 153 内に設けられている。スリープは、ネック 153 の内壁とねじれチューブ 156 の外壁に切れ目なく接触するような大きさとされており、また円筒形状とされている。スリープの内面全体が、ねじれチューブ 156 の外側と接触している。スリープの外面全体が、ネック 153 の内面と接触している。スリープは、ネックとねじれチューブ間に比較的小さな摩擦を加えるように構成されており、例えば、スリープは低摩擦または自己潤滑材料で形成または被覆されていてもよい。スリープは、軸 103 を横断するせん断力の下でトルクセンサの変形を防止できるように、実質的に非圧縮性の材料で形成されている。例えば、スリープは、ナイロンやポリテトラフルオロエチレン (PTFE) やポリエチレン (PE) やアセタール (例えばデルリン (登録商標)) などのプラスチック材料で形成されていてもよいし、被覆されていてもよいし、あるいはグラファイトや滑剤を含浸させた金属で形成されてもよい。

【0098】

機構の組み立てを容易にすると共に、スリープ 161 を所定の位置に保持するために、ベベルギア 108 のネック 153 の内壁は、径方向に延びるギア部 151 から離隔する端部近傍で、162 で内側に階段状に段付されている。スリープ 161 がネック 153 とねじれチューブ 156 間に配置され、トルクセンサのヘッド 155 がギア部 151 にボルト止めされている時には、スリープは、(ねじれチューブとネック間の) 半径方向および、(トルクセンサのヘッド 155 とベベルギアのネック 153 の内面のステップ 162 間の) 軸方向、の両方につながれた状態で保持されている。ステップ 162 を超えた領域 163 におけるネック 153 の内径は、その領域におけるネックの内面がトルクセンサ 150 から離間しており、かかる 2 つの間の摩擦トルク伝達を防止するように構成されていることが好ましい。

【0099】

図 7 ~ 10 に示す実施形態の他の軸 102 に対するトルクセンサや、他の図に示す実施

10

20

30

40

50

形態のトルクセンサ、にも同様の構成を使用することができる。

【0100】

ホール効果センサは、ジョイントの回転位置を感知するために使用されている。各位置センサは、回転軸の1つの周りに配置された生地のリングを備えている。リングは、規則的に間隔を置いて交互に配置された一連の南北磁極を有している。リングに隣接した位置に、磁場を検出して、相対的な位置を示すマルチビット出力を提供するためにセンサアレイに対するリング上の磁極の位置を測定することができる、複数のホール効果デバイスを備えたセンサアレイを有するセンサチップがある。磁極のリングは、360°の範囲内で各ジョイントの各位置が、一対の磁気センサからの固有のセットの出力に関連付けられるように配置されている。これは、各リング上に異なる数の極を設けて、リングが互いに素である数の極を作ることによって達成されていてもよい。この一般原理を用いたホール効果位置センサが、ロボット工学および他の用途に使用されていることが知られている。10

【0101】

より具体的には、各ジョイントには、交互に磁化された一対のリングと、関連するセンサとが関連付けられている。各リングは、それぞれのジョイントの軸の周りに同心に配置されている。リングが、ジョイントの一方の側のエレメントに固定されている一方、センサは、ジョイントの他方の側のエレメントに固定されており、その結果、各ジョイントの周りにロボットアームが回転した際には、各リングとそのそれぞれのセンサとの相対的な回転運動が生じる。各個別のセンサは、一対の磁極の間で、関連するリングがセンサに対して配置されている位置を測定する。リング上のー対の磁極における個々のセンサのどちらがセンサの上にあるかは、個々のセンサの出力から決定することはできない。したがって、個々のセンサは、相対的なやり方でのみ使用することができ、ジョイントの絶対位置を知るために電源投入時に較正を必要とする。しかしながら、各リング内の磁極の対の数が共通因子を持たないように設計された一対のリングを用いることにより、両センサからのー対の磁極間の測定を組み合わせることができ、較正を行うことなく、ジョイントの絶対位置を演算することができる。20

【0102】

磁気リングおよびセンサは、図7～図10に示されている。軸102周りの回転を提供するジョイントに対して、磁気リング200, 201とセンサ202, 203を用いて、位置が検知される。軸103周りの回転を提供するジョイントに対して、磁気リング210, 211とセンサ212と図示しないさらなるセンサを用いて、位置が検知される。磁気リング200は、キャリア104に固定され、キャリアの一方の側に取り付けられている。磁気リング201は、キャリア104に固定され、磁気リング200に対してキャリア104の他方の側に取り付けられている。磁気リング200, 201は平らであって、軸102に垂直に配置されていると共に、軸102を中心としている。センサ202, 203は、アーム部位310のフレーム100に固定されている。センサ202は、リング200の側面に隣接するように取り付けられている。センサ203は、リング201の側面に隣接するように取り付けられている。ケーブル204, 205は、センサ202, 203からの信号を搬送する。磁気リング210は、キャリア104に固定され、キャリアのフランジ220の一方の側に取り付けられている。磁気リング211は、キャリア104に固定され、磁気リング200に対してキャリアのフランジ220の他方の側に取り付けられている。磁気リング210, 211は平らであって、軸103に垂直に配置されていると共に、軸103を中心としている。軸103周りの回転用の、センサ212と別のセンサが、アーム部位311のフレーム101に固定されている。センサ212は、リング210の側面に隣接するように取り付けられている。別のセンサは、リング211の側面に隣接するように取り付けられている。3040

【0103】

それゆえ、図7～10の配置では、各軸102, 103周りの回転は、それぞれ対応するセンサを備えた2つの多重極磁気リングによって検知されている。各センサは、センサに対する各リング上の最も近い極の相対位置を表すマルチビット信号を生成する。2つの50

リング上の極数が互いに素となるように配置することにより、センサの出力は、360°の範囲内のジョイントの構成を示す組合せである。これにより、ジョイントの回転位置をその範囲内で検出することができる。さらに、図7～10に示す配置では、各ジョイントに関連する2つのリング（すなわち、一方ではリング200, 201、他方ではリング210, 211）が、それぞれのジョイントの軸に沿って互いに実質的にオフセットするよう配置されている。リング200は、キャリア104の本体の一方の側のペアリング190近傍に配置されている一方、リング201は、キャリア104の反対側のペアリング105近傍に配置されている。リング210は、フランジ220の一方の側に配置されている一方、リング211は、フランジ220の他方の側に配置されている。各リングは、リングが配置される軸に垂直な平面において平坦である生地のシートで形成されている。10

各対の磁気リング（すなわち、一方ではリング200, 201、他方ではリング210, 211）は、一対のリングの厚さの5倍より大きい距離だけそれぞれの軸に沿った方向に互いに間隔を置いて配置されており、より好ましくは一対のリングの厚さの10倍あるいは20倍より大きい距離だけそれぞれの軸に沿った方向に互いに間隔を置いて配置されていることが望ましい。都合が良いことに、一対のリングは、リング200, 201と同様に、それぞれのジョイントの反対側にあってもよい。都合が良いことに、一対の両リングが取り付けられたキャリア104は、それぞれの回転軸を含む平面で見たときにリング間にある径方向配置に位置するように、径方向外側に延び出している。したがって、例えば、フランジ220は、リング210とリング211との間の径方向に位置している。都合が良いことに、それぞれのジョイントは2つのペアリングによって支持または規定されていてもよく、ペアリングは、各軸に沿ったジョイントの両側であって、ジョイント上の末端位置に配置されている。ジョイントの各リングは、軸に垂直な平面内で、対応するペアリングと重なっていてもよい。都合が良いことに、リング用のセンサは、ジョイントによって関節接続されたアーム部位上に取り付けられていてもよい。センサは、アーム部位の反対側に取り付けられていてもよい。20

【0104】

リングを離間させることにより、関連するセンサが取り付けられるジョイントおよび/またはアーム部位のパッケージングを大幅に改善することができる。リングを離間させることにより、リングを便利な位置に配置する機会をより多くすることができると共に、センサを離間させることができること自体が、パッケージングの利点を提供できる。ジョイントは、荷重下のジョイントのねじれが測定に悪影響を及ぼさないように、リング上の磁極の数と比して十分に硬いことが好ましい。例えば、ジョイントは、たとえジョイントのエレメントが間隔を置いて配置されていたとしてもその最大定格運転負荷の下でセンサにおける磁気遷移の変化を生じ得るほどねじれないように十分に堅固であることが好ましい。これにより、全ての負荷状態において、動きに加えて、方向を検出することが可能となる。30

【0105】

アーム部位311は、アーム部位310の遠位側である。アーム部位310は、図7～10に示す軸102, 103周辺のジョイントの近位側である。図1に関連して説明したように、トルクセンサと位置センサからのデータは、制御ユニット10にフィードバックされる。かかるデータは、アーム自体を通る有線接続によって渡されていることが望ましい。40

【0106】

各アーム部位は、回路基板を備えている。図7～10は、アーム部位311によって搬送される回路基板250を示している。各回路基板は、データのエンコーダ/デコーダ（例えば、集積回路251）を含んでいる。エンコーダ/デコーダは、それぞれのアーム部位に局所的に使われているフォーマットと、アームに沿ったデータ伝送に使われているフォーマット間で信号を変換する。例えば、(a)アーム部位に対して局所的に、位置センサは、磁極遷移によって通過するときに位置読み取り値を返してもよく、トルクセンサは、現在感知されているトルクを示すアナログまたはデジタル信号を返してもよく、駆動モ50

ータは、パルス幅変調された駆動信号を要求していてもよい。一方、(b)アームに沿ったデータ伝送のために、イーサネット(登録商標)のようなパケットデータプロトコルである一般的なデータ伝送プロトコルが用いられてもよい。したがって、エンコーダ/デコーダは、アームに沿って搬送されたデータパケットを制御ユニット10から受け取ってそれらのデータを解釈して任意のローカルモータのための制御信号を形成すると共に、ローカルに検知されたデータを受け取ってそれをパケット化された形式に変換して制御ユニットに送ることができる。アームに沿って設けられた回路基板は、多数の近位側の回路基板を介して比較的遠位側の回路基板からの通信を可能にするように、通信ケーブルによって互いに連結されていてもよい。

【0107】

10

一般に、アームの1つのコンポーネントからアームのより遠位側のコンポーネントにデータを送らないことが望ましい。そうしてしまうと、アーム内で不必要に遠位側を走るケーブルが含まれて、遠位側に分配された重量が増加してしまう。そして、回路基板は互いに連結されているので、一旦データが比較的遠位側の回路基板に送信されると、次の最も近位側の回路基板が、それを転送するためにどんな方法でもデータを処理する。

【0108】

軸102, 103周りの複合ジョイントは、回転位置センサ202, 203(軸102を中心とする回転用)と、回転位置センサ212(軸103を中心とする回転用)を有している。センサ202, 203は、センサによって動きが測定されるジョイントの近位側にある、アーム部位310のフレーム100に取り付けられている。位置センサ202, 203からのデータは、センサの近位側にあるアーム部位310に沿って延びるケーブル204, 205に沿って送られている。センサ202は、アーム部位311のフレーム101に取り付けられている。位置センサ202からのデータは、ケーブルに沿って同じアーム部位上の回路基板250に送られている。いずれの場合にも、データが収集された場所よりも遠位側のアームのエレメントにはデータは渡されない。

20

【0109】

軸102, 103周りの複合ジョイントは、トルクセンサ150(軸103を中心とする回転用)と、トルクセンサ191(軸102を中心とする回転用)を有している。トルクセンサ150, 191によって検知されたデータは、可撓性ケーブルによって回路基板250にそのままの形で搬送される。回路ボード250において、エンコーダ/デコーダ251は、検知されたデータを、例えばイーサネット(登録商標)パケットに符号化して、制御ユニット10に伝達する。したがって、符号化のためにより近位側のアーム部位310の回路基板に送られるよりむしろ、トルクセンサからのデータは、符号化のためにより遠位側のアーム部位の回路基板に渡されて、その後その回路基板からアームに沿った遠位方向に向かってケーブルを介して渡される。

30

【0110】

このような配置は、図11に示されている。アーム部位310は、位置センサ202からデータを受け取り、コマンドデータをモータ109, 110に提供する回路基板195を備えている。アーム部位311は、位置センサ212とトルクセンサ150, 191からのデータを受け取る回路基板250を備えている。回路基板250は、検出されたデータを符号化してデータバス196を介して回路基板195に渡し、回路基板195はそれをリンク197を介して制御ユニット10の方へ転送する。位置センサ202は、回路基板195に対してケーブルによって直接接続されている。位置センサ212およびトルクセンサ150, 191は、回路基板195に対してケーブルによって直接接続されている。

40

【0111】

図2に示されているように、アーム部位4cは、アーム部位311によって支持され、軸307周りにアーム部位4cに対して回動可能とされている。図12は、アーム部位4cを含むモジュールを貫通する断面を示している。かかるモジュールは、ベース400と、ベースに固定された側壁440を有している。ベース400は、アーム部位311の先

50

端の端面 401 に取り付けられている（図 7 参照）。アーム部位 4c は、一般に 403 で示されている。アーム部位 4c は、図 2 の軸 307 に対応する軸 402 を中心としてベース 400 に対して回転可能である。そのため、アーム部位 4c は、軸 402 を中心に側壁 440 とアーム部位 4c の間に回転ジョイントを規定するペアリング 430, 431 によって側壁 440 に取り付けられている。

【0112】

アーム部位 4c は、その内部コンポーネントを収容するハウジング 404 を有している。これらのコンポーネントは、回路基板 405 とモータ 406, 407 を含んでいる。モータ 406, 407 は、ハウジング 404 に対して回転不能に固定されている。ハウジング 404 は、ペアリング 430, 431 によってベース 400 に対して自由に回転自在とされている。溝 408 は、回路基板 250 から回路基板 405 まで走る（図示しない）通信ケーブルを収容するために、モジュールの内部を走っている。かかる通信ケーブルは信号を搬送しており、かかる信号が回路基板 405 のエンコーダ / デコーダによって復号化されたときに、かかる信号によってモータ 406, 407 の動作を制御するための制御信号が出される。

【0113】

モータ 406 は、アーム部位 311 に対するアーム部位 4c の回転を駆動する。したがって、モータ 406 は、ベース 400 に対するハウジング 404 の回転を駆動する。ベース 400 は、中央のボス 410 を有している。図 9 および図 10 に関連して説明したタイプのトルクセンサは一般に、ボス 410 に取り付けられている。かかるトルクセンサは、ベース 411 とねじれチューブ 412 と径方向に延びるヘッド 413 を備える一体部材を有している。トルクセンサのベース 411 は、ベース 400 のボス 410 に固定されている。図 9 および図 10 のトルクセンサと同様に、スリーブ 421 は、トルクセンサを剪断力から保護すると共に、周囲のコンポーネント、即ちベース 400 とトルクセンサの間の摩擦を低減するために、トルクセンサのねじれチューブの周りに延び出している。

【0114】

内歯ギア 420 は、トルクセンサのヘッド 413 に固定されている。モータ 406 は、ピニオンギア 415 を有するシャフト 414 を駆動している。ピニオンギア 415 は、内歯ギア 420 に係合している。したがって、モータ 406 が操作されると、ピニオンギア 415 が回転駆動され、これによりモータ 406 がその一部を構成するアーム部位 4c を軸 402 周りに回転する。結果として生じる軸 402 周りのトルクは、トルクセンサのねじれチューブ 412 を介してベース 400 に伝達され、ねじれチューブに取り付けられた歪みゲージによってトルクが測定されることを可能にする。

【0115】

器具に取り付けるためのインターフェース 8 を図 12 に示す。モータ 407 のシャフト 440 は、器具に駆動を提供するためのインターフェースにおいて露出されている。

【0116】

トルクセンサ 411, 412, 413 からのトルクデータは、符号化のためにアーム部位 311 の回路基板 250 に渡される。アーム部位 4c の回転位置は、アーム部位 4c に携帯されたセンサ 445 により検知可能であり、かかるセンサ 445 は、ハウジング 404 の内部に取り付けられたリング 446, 447 上の磁極間の遷移を検出する。センサ 445 からのデータは、符号化のためにアーム部位 4c の回路基板 405 に渡される。

【0117】

ジョイント 102, 103 周りの回転を駆動するモータは、アーム部位 310 においてそれらのジョイントの近位側に取り付けられている。上述したように、これにより、アームの先端寄りの重量を回避して、重量分布を改善することができる。これに対し、アーム部位 4c の回転を駆動するモータは、アーム部位 311 よりむしろアーム部位 4c に取り付けられている。このことは、モータ 406 をより遠位に取り付ける必要があるため不利となる可能性があるが、これによりアーム部位 311 をとりわけコンパクトできることが判明した。モータ 406 は、器具に駆動を提供するモータ（例えば、407）と平行に、

10

20

30

40

50

すなわち軸 402 に垂直な共通の平面を横切るように、アーム部位 4c 内にパッケージされ得る。このことは、アーム部位 4c 内へのモータ 406 の組み込みが、アーム部位 4c を実質的に長くする必要がないことを意味している。

【 0 1 1 8 】

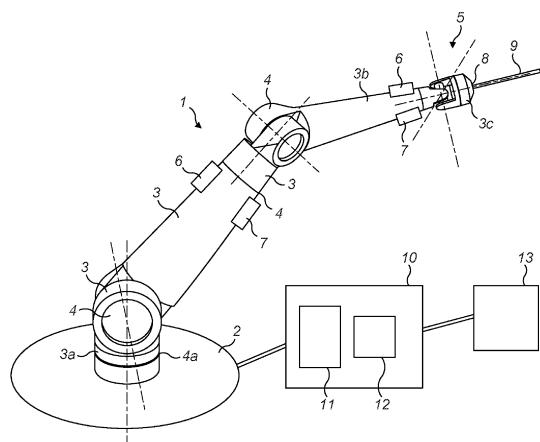
歯付ギアの代わりに、ジョイントの駆動は、摩擦手段によって行ってもよい。

【 0 1 1 9 】

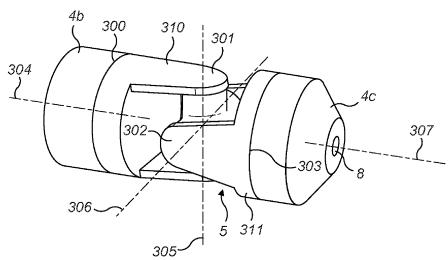
出願人はこれによって、ここに記載の分離した各個別の特徴および2つ以上のそのような特徴の任意の組み合わせを開示しており、そのような特徴または特徴の組み合わせが当業者の共通の一般的な知識に照らして全体として本明細書に基づいて実施されることが可能な程度に開示されている。なお、そのような特徴または特徴の組合せが本明細書に開示される任意の問題を解決するかどうかは関係がなく、またかかる具体的記載が特許請求の範囲を限定するものでもない。出願人は、本発明の態様は、このような個々の特徴または特徴の組み合わせから成ってもよいことを示している。以上の説明に鑑みて、種々の改変が本発明の範囲内でなされ得ることは当業者にとって明らかであろう。

10

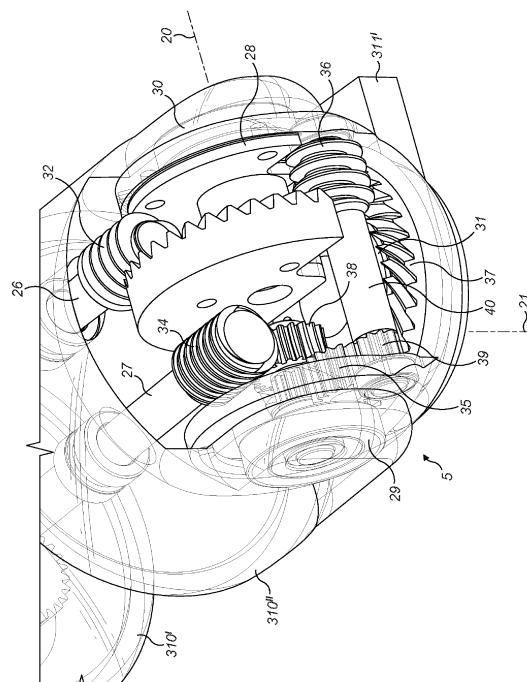
(1)



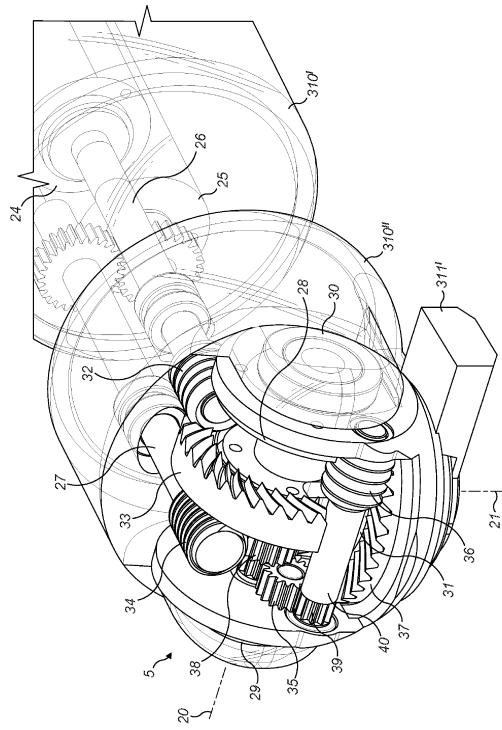
【図2】



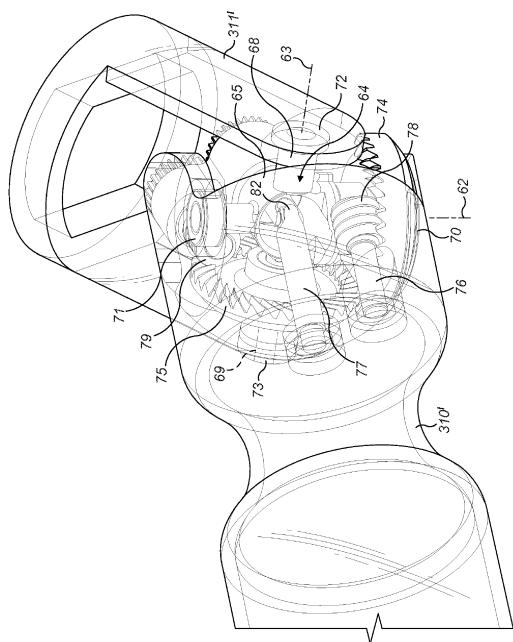
(3)



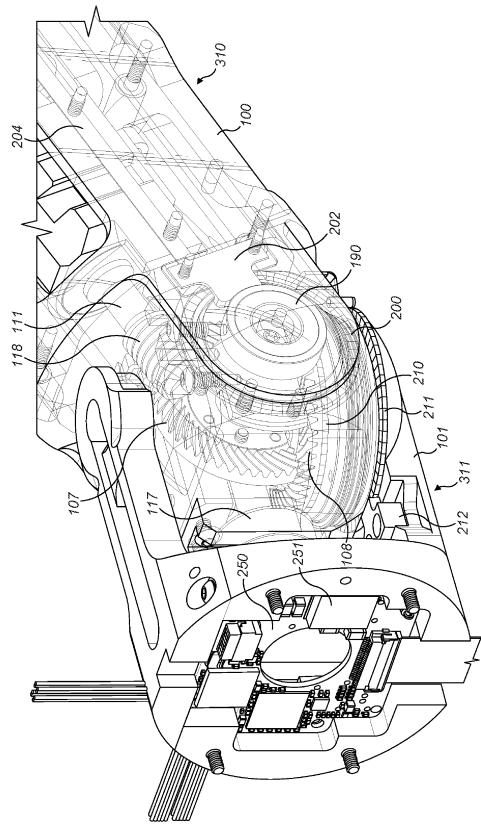
【図4】



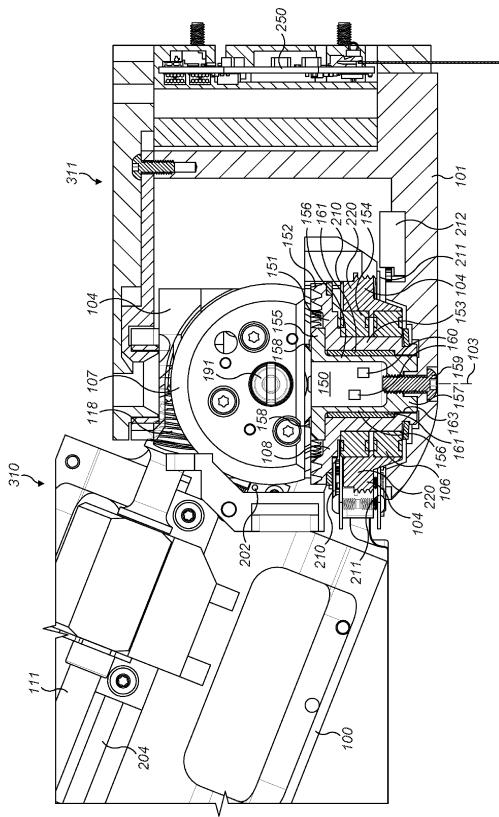
【図5】



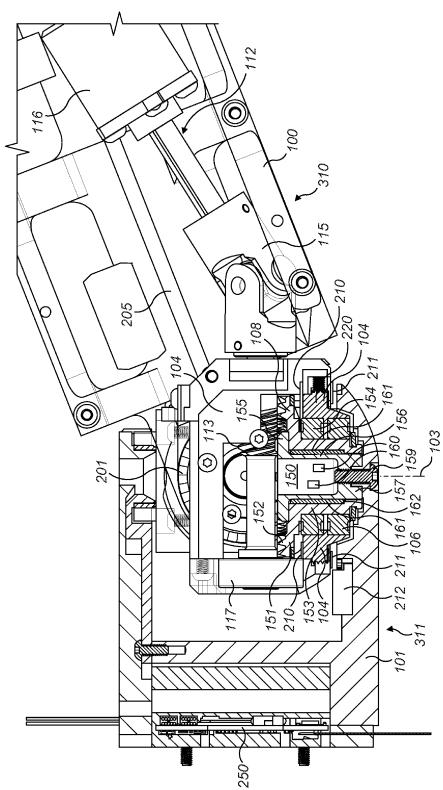
【図8】



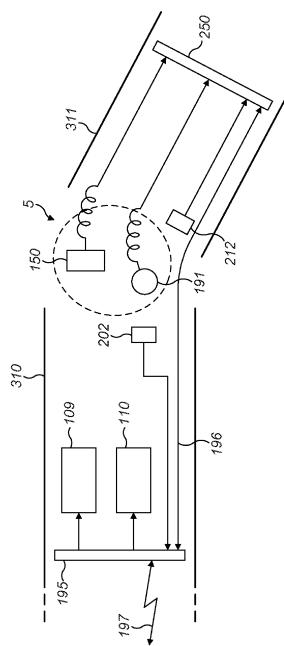
【図9】



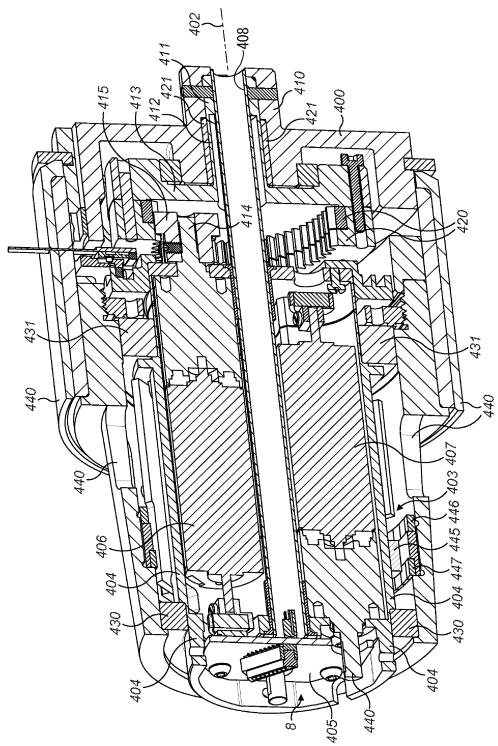
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジャクソン , トーマス ベイツ
英国 シービー 23 7ピーエイチ ケンブリッジシャー ケンブリッジ ホースル マディング
リー ロード クロム リー ビジネス パーク ユニット 2 ケア オブ ケンブリッジ メ
ディカル ロボティックス リミテッド
- (72)発明者 ヘアーズ , ルーク デイビッド ロナルド
英国 シービー 23 7ピーエイチ ケンブリッジシャー ケンブリッジ ホースル マディング
リー ロード クロム リー ビジネス パーク ユニット 2 ケア オブ ケンブリッジ メ
ディカル ロボティックス リミテッド
- (72)発明者 マーシャル , キース
英国 シービー 23 7ピーエイチ ケンブリッジシャー ケンブリッジ ホースル マディング
リー ロード クロム リー ビジネス パーク ユニット 2 ケア オブ ケンブリッジ メ
ディカル ロボティックス リミテッド
- (72)発明者 ランドル , スティーブン ジェイムズ
英国 シービー 23 7ピーエイチ ケンブリッジシャー ケンブリッジ ホースル マディング
リー ロード クロム リー ビジネス パーク ユニット 2 ケア オブ ケンブリッジ メ
ディカル ロボティックス リミテッド

審査官 貞光 大樹

- (56)参考文献 国際公開第 2015 / 088655 (WO , A1)
特開昭 59 - 227395 (JP , A)
特開平 3 - 281083 (JP , A)
特開昭 59 - 73297 (JP , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

B 25 J 1 / 00 - 21 / 02
A 61 B 34 / 00 - 34 / 37