

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2011年11月24日(24.11.2011)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2011/145643 A1

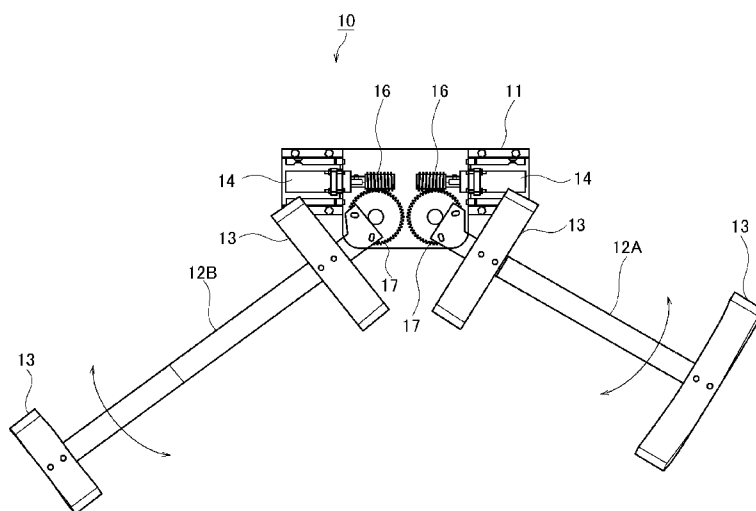
- (51) 国際特許分類:  
A61F 2/60 (2006.01) A61H 3/00 (2006.01)  
A61F 2/68 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/061393
- (22) 国際出願日: 2011年5月18日(18.05.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2010-116678 2010年5月20日(20.05.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人 鹿児島大学 (KAGOSHIMA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒8908580 鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 Kagoshima (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 余 永(YU, Yong) [CN/JP]; 〒8908580 鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 国立大学法人 鹿児島大学内 Kagoshima (JP). 吉松 春樹(YOSHIMATSU, Haruki) [JP/JP]; 〒8908580 鹿児島県鹿児島市郡元一丁目2番24号 国立大学法人 鹿児島大学内 Kagoshima (JP).
- (74) 代理人: 國分 孝悦(KOKUBUN, Takayoshi); 〒1700013 東京都豊島区東池袋1丁目17番8号 NBF池袋シティビル5階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: KNEE JOINT POWER ASSIST DEVICE

(54) 発明の名称: 膝関節パワーアシスト装置

[図4]



(57) Abstract: Disclosed is a knee joint power assist device (10) which is attached around the knee joint and which assists the knee joint movement when bending and stretching the knee. The knee joint power assist device (10) is provided with a driving unit (14) for generating assist power, power transmission mechanisms (16, 17) for transmitting the assist power, and a force sensing mechanism for acquiring the knee joint movement information. The driving unit generates assist power on the basis of the knee joint movement information acquired by means of the force sensing mechanism.

(57) 要約: 膝関節パワーアシスト装置(10)は、膝関節まわりに装着して、膝の曲げ伸ばしの際に膝関節運動をアシストする。アシストパワーを発生させるための駆動部(14)と、アシストパワーを伝達するためのパワー伝達機構(16)、(17)と、膝関節の運動情報を取得するための力覚センサ機構とを具備する。力覚センサ機構によって取得した膝関節の運動情報に基づき、駆動部がアシストパワーを発生する。

WO 2011/145643 A1

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

### 発明の名称： 膝関節パワーアシスト装置

#### 技術分野

[0001] 本発明は、人体特に膝関節まわりに装着して、階段の上がり降り等をはじめとして膝関節を使用する際にその膝関節運動を筋力補助（パワーアシスト）するようにした膝関節パワーアシスト装置に関する。

#### 背景技術

[0002] 人間が日常的な行動を行うとき、肉体の様々な関節に負担がかかっている。特に下半身を使う行動、例えば歩行や椅子等から立ち上がり、あるいは階段の上り下りに注目すると膝関節は極めて重要な役割を果たしている。そのため膝関節に大きな負担がかかり故障することが少なくない。また、老化等により身体能力が低下し、膝関節が適正に機能しない場合も多い。

[0003] このように膝関節に問題を抱えているケースが多い。このような問題に対してサポーターや杖等の運動を受動的に補助するものが使用されている。更に、受動的な補助だけでなく能動的に補助することで膝への負担をより減少させ、日常的な行動を無理なく行えるようにすることが期待される。現在、人間の運動を能動的に補助するものとして所謂パワーアシストシステムが注目されている。パワーアシストシステムにはスーツのようなものを人間に装着して力をアシストするものや、外部の機械が人間の動作をアシストするなどがある。

[0004] なお、従来例えば特許文献1に開示される電動補助装置では、使用者の大腿部に装着される大腿用装着部と、臍部に装着される臍用装着部と、一端部を大腿用装着部及び臍用装着部に固定され他端部は膝関節の部位で屈伸動作可能に連結された動力伝達腕と、動力伝達腕に屈伸動作の動力を付与する電気モータを有する駆動部と、電気モータ及び駆動部の電源及び制御部とから成り、電源及び制御部は使用者の身体に装着される。

#### 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特開平7-163607号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 人間に装着するタイプの従来のパワーアシストシステムとして、構造的には全身をアシストするものや、下半身をアシストするものなどの比較的大きなものは知られている。しかしながら、小型軽量で装着し易く、且つ所定の局部部位だけをアシストするものは未だ知られていない。また、最も重要な機能として人間の運動意識を同時に察知できるセンシングシステムに関して、筋電流センシングや肢体の重量、重心と慣性モーメント推測可能な手法は知られているが、個人差や服装の加減でセンシングし難く、装着等が不便であるのが実情である。

[0007] 本発明はかかる実情に鑑み、小型軽量で使用性や取り扱い性等に優れ、且つ効果的な機能を発揮する膝関節パワーアシスト装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0008] 本発明の膝関節パワーアシスト装置は、膝関節まわりに装着して、膝の曲げ伸ばしの際に膝関節運動をアシストするための膝関節パワーアシスト装置であって、アシストパワーを発生させるための駆動部と、アシストパワーを伝達するためのパワー伝達機構と、膝関節の運動情報を取得するための力覚センサ機構とを具備し、前記力覚センサ機構によって取得した膝関節の運動情報に基づき、前記駆動部がアシストパワーを発生するようにしたことを特徴とする。

[0009] また、本発明の膝関節パワーアシスト装置において、前記力覚センサ機構は、前記パワー伝達機構におけるセルフロック機能を介してその力覚センサが前記膝関節の運動情報を取得することを特徴とする。

[0010] また、本発明の膝関節パワーアシスト装置において、前記力覚センサ機構

によって取得した膝関節の運動情報に基づき、仮想コンプライアンス制御により膝関節運動の目標速度を生成し、この目標速度となるように前記駆動部がアシストパワーを発生することを特徴とする。

[0011] また、本発明の膝関節パワーアシスト装置において、前記パワー伝達機構の出力部は、膝の曲げ伸ばしに伴う膝関節運動の回転中心の変化に実質的に対応する瞬間中心の移動軌跡を持つように作動することを特徴とする。

[0012] また、本発明の膝関節パワーアシスト装置において、パワーアシストユニットが膝関節の側部に配置され、その出力リンクが大腿部及び脛部に沿って固定され、該リンクを介してアシストパワーを付与することを特徴とする。

### 発明の効果

[0013] 本発明装置によれば、これを装着した使用者の動作に最適な力量でアシストし、特に膝関節の屈曲及び伸展運動を極めて有効且つ効果的にアシストすることができる。この場合、装置構成がコンパクトであり、小型軽量とすることによりこれを装着する使用者の負担とならず、使用性や取り扱い性等に優れ、更に高い安全性が確保される。

### 図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、本発明の実施形態である装置の装着時の概略構成を示す斜視図である。

[図2A]図2Aは、本発明の実施形態である装置の適用対象の例を示す斜視図である。

[図2B]図2Bは、本発明の実施形態である装置の適用対象の例を示す斜視図である。

[図3]図3は、本発明の実施形態である装置におけるパワーアシストユニットの正面側斜視図である。

[図4]図4は、本発明の実施形態である装置におけるパワーアシストユニットの背面側斜視図である。

[図5]図5は、本発明の実施形態である装置の要部正面側斜視図である。

[図6]図6は、本発明の実施形態である装置の要部背面側斜視図である。

[図7A] 図7Aは、膝まわりの関節構造及びその関節運動の例を示す図である。

。

[図7B] 図7Bは、膝まわりの関節構造及びその関節運動の例を示す図である。

。

[図8A] 図8Aは、膝関節運動に係る瞬間中心及びその軌跡を示す図である。

[図8B] 図8Bは、膝関節運動に係る瞬間中心及びその軌跡を示す図である。

[図9A] 図9Aは、本発明の実施形態である装置におけるパワーアシストユニットの膝関節対応部位の動作を瞬間中心との関係で示す図である。

[図9B] 図9Bは、本発明の実施形態である装置におけるパワーアシストユニットの膝関節対応部位の動作を瞬間中心との関係で示す図である。

[図10] 図10は、本発明の実施形態である装置の要部構成を示す斜視図である。

[図11A] 図11Aは、本発明の実施形態である装置における力覚センサの構成及び作用を示す図である。

[図11B] 図11Bは、本発明の実施形態である装置における力覚センサの構成及び作用を示す図である。

[図12] 図12は、本発明の実施形態である装置の全体構成を示すブロック図である。

[図13] 図13は、本発明の実施形態である装置における仮想コンプライアンス制御を原理的に示す図である。

[図14] 図14は、本発明の実施形態である装置における仮想コンプライアンス制御の試験結果を示す図である。

[図15] 図15は、本発明の第2の実施形態における装置装着時の概略構成を示す斜視図である。

[図16] 図16は、本発明の第2の実施形態におけるパワーアシストユニットの正面図である。

[図17] 図17は、本発明の第2の実施形態におけるパワーアシストユニットの要部正面図である。

[図18] 図18は、本発明の第2の実施形態におけるパワーアシストユニットのケーシング及びリンクの関係を示す斜視図である。

[図19] 図19は、本発明の第2の実施形態におけるパワーアシストユニットのウォームホイールまわりを示す斜視図である。

[図20] 図20は、本発明の実施形態であるパワーアシスト装置の検証実験の結果を示したグラフであり、被験者が自分の意志で膝関節を動かした場合における筋電位の測定結果を示す。

[図21] 図21は、本発明の実施形態であるパワーアシスト装置の検証実験の結果を示したグラフであり、被験者が自分の意志ではなく外力によって膝関節が動かされた場合における筋電位の測定結果を示す。

### 発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して、本発明による膝関節運動パワーアシスト装置の好適な実施の形態を説明する。

図1は、本発明の実施形態であるパワーアシスト装置10（パワーアシストユニットとして本発明の実施形態である装置のハードウェア部分を示す）の装着時の概略構成を示している。本発明の実施形態である装置は特に膝関節まわりに装着して、例えば図2A、図2Bに示すように階段の上り下りや椅子等から立ち上がる際の膝関節の屈曲及び伸展運動をアシストするものである。図1において、膝1の外側部に配置された略薄箱型のケーシング11から延出する出力部材として一对のリンク12A、12Bを有し、リンク12Aが大腿部2の側部に沿って、リンク12Bが脛部3の側部に沿うように装着される。この場合、リンク12A、12Bはそれぞれファスナ13（図3をも参照）によって、大腿部2及び脛部3に固定される。また、リンク12A、12B相互間の角度 $\alpha$ が大小変化するようにケーシング11のセンタに関して同期、連動して回動駆動されるようになっている。

[0016] 図4～図6に示すようにケーシング11の大腿部2側及び脛部3側の両端部に、アシストパワーを発生させるための駆動部を構成するモータ14が搭載される。本実施形態においてモータ14は、ホルダプレート15を介して

支持される。この場合、モータ 14 の出力軸 14 a がホルダプレート 15 と直交するように配置される。モータ 14 の出力軸 14 a には、この例ではウォームギア 16 が取り付けられる。ウォームギア 16 は、アシストパワーを伝達するためのパワー伝達機構を構成する。各モータ 14 (その出力軸 14 a) 及びウォームギア 16 は、大腿部 2 及び脛部 3 にそれぞれ平行になるように取り付けられる。

[0017] また、ケーシング 11 内にパワー伝達機構を構成するウォームホイール 17 が、その支軸 18 のまわりに回転可能に支持される。ウォームギア 16 及びウォームホイール 17 は相互に噛合しており、モータ 14 の出力がウォームホイール 17 に伝達される。なお、図 5 に示されるように大腿部 2 側及び脛部 3 側のそれぞれウォームホイール 17 は、対応する駆動用のモータ 14 によって別個に駆動される。この場合、図 5 等ではウォームホイール 17 の全周にギア歯が形成されているが、必ずしもギア歯が全周に設けられる必要はない。膝関節の屈曲又は伸展運動の際の可動域の少なくとも上限に対応していればよく、即ち各ウォームホイール 17 において、ギア歯が 1/4 円周分の領域に形成されていればよい。これにより部材の軽量化等に有利である。

[0018] また、図 6 に示されるように各ウォームホイール 17 のケーシング 11 内方側にて、ウォームホイール 17 と同心に連結ギア 19 が取り付けられる。この例では連結ギア 19 はウォームホイール 17 よりも適度に大径の平歯車とし、大腿部 2 側及び脛部 3 側のものが相互に噛合する。なお、連結ギア 19 についてもウォームホイール 17 の場合と同様に、ギア歯の形成領域として少なくとも 1/4 円周分程度でよい。また、各ウォームホイール 17 にはブラケット 20 を介してリンク 12 A, 12 B がそれぞれ固定される。

[0019] ここで、図 7 A は膝 1 まわりの関節構造を示している。膝関節には、大腿骨 4 及び脛骨 5 からなる大腿脛骨関節 6 と、大腿骨 4 及び膝蓋骨 7 からなる大腿膝蓋関節 8 の 2 種類の関節がある。このうち膝関節のパワーアシストに直接関係するのは大腿脛骨関節 6 の動きである。大腿脛骨関節 6 では、大腿



骨 4 及び脛骨 5 相互間のころがり運動と滑り運動が複合した運動をする。図 7 B において、膝 1 を真っ直ぐ伸ばした完全伸展位から膝 1 を屈曲する場合の膝関節運動の例を示している。屈曲初期 (I) では主に、脛骨 5 が大腿骨 4 のまわりをころがり運動 (曲線矢印) する。その後、屈曲角度が増すに従い屈曲中期 (I I) では脛骨 5 の大腿骨 4 に対する滑り運動 (直線矢印) の要素が加わり、ころがり運動と滑り運動の複合運動となる。更に、屈曲終期 (I I I) では主に、滑り運動となる。なお、膝 1 の伸展運動の場合は、屈曲の場合と逆になる。このように膝 1 の関節運動は、大腿骨 4 及び脛骨 5 のころがり運動と滑り運動の複合運動となっているため、屈曲段階を通して見ると関節運動の回転中心は一定ではない。

[0020] 上記のように回転中心が複雑に変化する運動において、そのうちの短時間に限定すれば実質的に回転運動とみなすことができ、そのときの回転中心を瞬間中心という。例えば、図 8 A に例示するように膝関節が屈曲又は伸展する際、大腿骨 4 における 2 点  $P_1$ ,  $P_2$  が  $P_1'$ ,  $P_2'$  に移動した場合を考えると、それぞれの点の移動前後で形成される線分の垂直 2 等分線  $L_1$ ,  $L_2$  相互の交点が瞬間中心  $O$  となる。かかる瞬間中心の移動は、膝関節の運動をサポートする上で極めて重要な動きである。図 8 B には瞬間中心  $O$  の移動軌跡  $O_1 \sim O_n$  の例を示し、この例のように略半円状を呈する。

[0021] 本発明の実施形態である装置では具体的には一対のリンク 12 A, 12 B に連結ギア 19 がそれぞれ結合し、例えば図 9 A のように一方のリンク 12 A が矢印のように回動した場合、図 9 B のように瞬間中心  $O'$  の移動軌跡  $O_1', O_2', \dots, O_n'$  のように片方の連結ギア 19 の形状と実質的に同じ円を描く軌跡となる。膝関節が屈曲又は伸展する際、その膝関節運動の高い再現性が得られる。

[0022] 次に、膝関節の運動情報を取得するための力覚センサ機構を具備する。ここで、本発明の実施形態である装置では上述のようにパワー伝達機構においてウォーム/ウォームホイールギア (16, 17) を使用している。リンク 12 A, 12 B が固定された脚を動かそうとするとセルフロックがかかって

しまい、そのままでは本発明の実施形態である装置を装着する人の運動を拘束してしまう。このため脚の変位の運動情報ではなく、脚を動かそうとした際ウォームギア 16 の軸方向にかかる荷重を計測し、そのような運動情報に基づき膝関節運動をアシストするというものである。

[0023] 具体的構成において、上述したようにモータ 14 はホルダプレート 15 を介して、固定支持される。このホルダプレート 15 は図 10 に示されるようにその上端部及び下端部にて、ケーシング 11 側に固定された支持プレート 21, 22 によって支持される。ホルダプレート 15 はモータ 14 を支持するには必要且つ十分な強度剛性を有しているが、この場合力覚センサ機構としてウォームギア 16 からの荷重により変形し易い構造となっている。ホルダプレート 15 の上端部及び下端部付近にはそれぞれ、モータ 14 の軸方向に沿って概略薄板棒状の歪ゲージ部材 23, 23 が取り付けられる。各歪ゲージ部材 23 の後端部は、ベアリング 24 によって軸支される。

[0024] 歪ゲージ部材 23 には更に歪変形拡大機構が設けられる。図 10 に示されるように各歪ゲージ部材 23 の後端部付近に括れ部位 23 a を有し、この括れ部位 23 a に歪ゲージ（詳細については図示せず）が装着される。歪ゲージ部材 23 に対して軸方向の引張り又は圧縮荷重が付与されると、括れ部位 23 a にてその変形が拡大され、付与された荷重をより高い精度で検出することができる。例えば図 10、図 11 A 及び図 11 B に示したようにウォームギア 16 からモータ 14 の出力軸 14 a に対して圧縮方向の荷重 P が加わった場合、その荷重 P により先ず図 11 B のようにホルダプレート 15 が曲げ変形し、このホルダプレート 15 の変形により更にゲージ部材 23、特にその括れ部位 23 a が外側に拡がるように変形を拡大する。なお、出力軸 14 a に引張り方向の荷重がかかった場合には上記とは逆の変形となる。

[0025] 次に、図 12 は、ソフトウェアを含めたパワーアシスト装置 10 の全体構成を示している。前述したハードウェア部分である、人体に装着されるパワーアシストユニットの電装類とパーソナルコンピュータ 100（以下、パソコンと略す）とが相互に接続され、本発明の実施形態である装置のシステム

が構成される。このシステムにおいて、パワーアシストユニット側の歪ゲージ部材 23 の歪ゲージを含んでなる力センサ 25 の検出信号はアンプ 26 を介して、A/Dボード 27 に入力される。また、モータ 14 に付設されたエンコーダ 28 からの信号はカウンタ 29 に入力される。パソコン 100 において、少なくともこれらの信号に基づきモータ 14 に対する指令電圧を決定し、D/Aボード 30 更にはモータドライバ 31 を介してモータ 14 を駆動するようになっている。

[0026] 本発明の実施形態である装置ではシステム制御方法として、仮想コンプライアンス制御による目標速度の生成を用いてパワーアシストを行う。ここに、仮想コンプライアンス制御とは、外力が作用した方向に逃げるような動作をする制御法であり、計測された力に対して仮想的に設定した慣性、粘性、弾性を満たすように速度を制御するというものである。仮想コンプライアンス制御によれば、外力を測定することで仮想的なパラメータを満たすような目標速度が与えられる。

[0027] 本発明の実施形態であるシステムでは外力を人間からの入力とすると、人間からの入力によって目標速度が与えられる。この場合、仮想的に設定するインピーダンスを好適に設定することで、人の出力するトルクに応じた運動速度を出力することが可能となる。

次の(1)式は、本発明の実施形態である装置のシステムに適用される仮想コンプライアンス制御式を表している。

$$\omega_{n+1} = \Delta t / I \cdot (\tau_{hn} - C\omega_n - K\Delta\theta_n) + \omega_n \quad (1)$$

ここに、 $\omega_{n+1}$ ：目標角速度、 $\omega_n$ ：現在角速度、 $\theta_n$ ：現在角度、 $\Delta t$ ：サンプリング時間、 $\tau_{hn}$ ：人間からの入力、 $I$ ：仮想慣性モーメント、 $C$ ：仮想粘性係数、 $K$ ：仮想弾性係数である。

本発明の実施形態である装置は、人からの入力を力センサにより取得するので、人が脚を動かそうとする情報に基づき動作することができる。

[0028] 仮想コンプライアンス制御で扱う入力トルクの計測は、歪ゲージを用いて力センサで行われる。この場合、力センサではトルクを直接計測することが

できないため、実際に力センサが取得している値は、図 13 の荷重  $P$  に比例した電圧である。荷重  $P$  は、ウォームギア 16 及びウォームホイール 17 の接触点に作用する力であり、ウォームホイール 17 に結合するリンク 12 A、12 B に対して力  $F$  を加えたときにセルフロックが生じる力である。このとき力  $F$  と荷重  $P$  の関係は下記 (2) 式である。

$$FL = Pa \quad (2)$$

[0029] 本発明の実施形態である装置では、図 13 における距離  $a$  は使用するウォームホイール 17 の基準円の半径であり、一定である。ある一定の  $FL$  によって生じる  $P$  の力が入力されたときの力センサの変化を検出することで、その後入力されるであろう  $FL$  の推定が可能になる。仮想コンプライアンス制御に用いる入力トルクに関して、リンク 12 A、12 B にかかるモーメントである  $FL$  が入力トルクとして適している。

[0030] ここで、ある一定の  $FL$  に対するセンサの変化を検証するためにセンサに対する線形性試験を行ったところ、図 14 に示す試験結果が得られた。図 14 のグラフにおいて、縦軸を出力電圧、横軸を入力した力とする。このグラフの傾きを用いることで、センサの出力電圧から入力トルクを推定することが可能になる。そして、最終的にこの傾きから推定した入力トルクから仮想コンプライアンス制御による目標速度を生成し、その目標速度に対して PID 制御を行うことにより操作量としての出力電圧を決定することができる。

[0031] 上記構成において、パワーアシスト装置 10 を装着した使用者が、膝 1 を曲げあるいは伸ばして脚を動かそうとすると、ウォームギア 16 及びウォームホイール 17 間のセルフロックにより力覚センサ機構が作動する。このときに得られた荷重に基づき、仮想コンプライアンス制御により膝関節運動の目標速度が生成され、この目標速度となるようにモータ 14 が駆動制御され、最適なアシストパワーが付与される。

[0032] 上述したように本発明の実施形態であるパワーアシスト装置 10 を装着して、使用者の動作に最適な力量でアシストし、膝関節の屈曲及び伸展運動を極めて有効且つ効果的にアシストすることができる。この場合、装置構成が

コンパクトであり、小型軽量とすることによりこれを装着する使用者の負担とならず、使用性や取り扱い性等に優れ、更に高い安全性が確保される。

[0033] 次に、本発明による膝関節運動パワーアシスト装置の第2の実施の形態を説明する。なお、上記実施形態の場合と同一又は対応する部材には同一符号を用いるものとする。

図15は、この実施形態におけるパワーアシスト装置10の装着時の概略構成を示している。図15において、膝1の上下付近の外側部に配置された略薄箱型のケーシング11から延出する出力部材として一对のリンク12A、12Bを有し、リンク12Aが大腿部2の側部に沿って、リンク12Bが脛部3の側部に沿うように装着される。これらのリンク12A、12Bはそれぞれファスナ13によって、大腿部2及び脛部3に固定される。図16にも示すように、リンク12A及び12Bはそれぞれのケーシング11を介して、カップリングプレート32によって相互に連結される。

[0034] 図17に示すようにケーシング11には、アシストパワーを発生させるための駆動部を構成するモータ14が搭載される。モータ14は、ホルダプレート15を介して支持される。モータ14の出力軸14aがホルダプレート15と直交するように配置される。モータ14の出力軸14aには、アシストパワーを伝達するためのパワー伝達機構を構成するウォームギア16が取り付けられる。各モータ14（その出力軸14a）及びウォームギア16は、大腿部2及び脛部3にそれぞれ平行になるように取り付けられる。

[0035] ケーシング11は一对のケーシングプレートを含み、図18に示すようにその内の一方（人体側）のケーシングプレート11Aからリンク12A（又は12B）が延出する。

また、図17のように一对のケーシングプレート11A（一方のみ図示する）にはベアリングホルダ33を介してベアリング34が装着される。

[0036] カップリングプレート32には図19に示されるように、パワー伝達機構を構成するウォームホイール17が支軸18により支持される。ウォームギア16及びウォームホイール17は相互に噛合する。この場合、本実施形態

ではウォームホイール17はカップリングプレート32に固定されると共に、支軸18はベアリング34と回転可能に係合する。なお、その他の構成については、上記実施形態の場合と実質的に同一である。

[0037] 第2の実施形態において、パワーアシスト装置10を装着した使用者が、膝1を曲げあるいは伸ばして脚を動かすことで、上述の実施形態の場合と同様にウォームギア16及びウォームホイール17間のセルフロックにより力覚センサ機構が作動する。このときに得られた荷重に基づき、仮想コンプライアンス制御により膝関節運動の目標速度が生成され、この目標速度となるようにモータ14が駆動制御され、最適なアシストパワーが付与される。

[0038] この例ではウォームホイール17が固定式であるため、ケーシング11側がウォームホイール17の外周に沿って回転する。また、第2の実施形態では装置構成が簡素化され、よりコンパクトな装置を実現することができる。

[0039] 次に、本発明の実施形態（実施例）であるパワーアシスト装置の効果の検証実験とその結果について説明する。膝関節の筋電位は、人間が自分の意志によって膝関節を動かした場合には大きくなり、自分の意志ではなく外力によって動かされた場合には小さくなる（または、ほぼ生じない）。このため、パワーアシスト装置が膝関節の動作をアシストする場合には筋電位が発生するが、完全に自分の意志で動かす場合に比較して小さくなる。これに対して、パワーアシスト装置が膝関節の動作をアシストするが、その効果を低減するように制御される場合には、筋電位は、人間が自分の意志で膝関節を動かした場合とほぼ同じとなる。そこで、この検証実験では、パワーアシスト装置を装着した被験者の膝の筋電位を測定し、その結果に基づいて本発明の実施形態であるパワーアシスト装置の効果について検証した。

[0040] 筋電位の測定条件は、次のとおりである。（1）パワーアシスト装置を作動させた状態。（2）パワーアシスト装置を、アシスト効果が得られる状に作動させた状態。（3）パワーアシスト装置を、アシスト効果が低くなるように作動させた状態。また、筋電位の測定の際における被験者の足の運動は、次のとおりである。（a）まず、被験者は台に座り、足に力を入れないで

足を宙にぶら下げた状態にする。(b)そして、被験者は1秒で足を伸ばし、その後1秒で足を元の状態に戻す。(c)さらにその後、被験者は2秒間にわたって足の力を抜く。そして、前記(a)～(c)の動作を1セットとして、各条件下で10セットの動作を行い、前記(1)～(3)の状態の筋電位を測定した。また、比較のため、前記(a)～(c)の動作を外力によって実行し、その際における前記(1)～(3)の状態の筋電位を測定した。なお、実験条件の統一のため、パワーアシスト装置を作動させない場合であっても、被験者はパワーアシスト装置を装着している。ただし、この場合には、モータの動力などが被験者に伝わらないように、一部の部品を取り外した。また、前記(1)～(3)のすべての測定条件において、被験者の足に重さ2kgの錘を装着し、筋電位を測定しやすくした(すなわち、筋電位が大きくなるようにした)。

[0041] 図20は、本発明の実施形態であるパワーアシスト装置の検証実験の結果を示したグラフであり、被験者が自分の意志で膝関節を動かした場合(=被験者は足の力を抜いた場合)における筋電位の測定結果を示す。図21は、本発明の実施形態であるパワーアシスト装置の検証実験の結果を示したグラフであり、外力によって膝関節が動かされた場合における筋電位の測定結果を示す。図20に示すように、パワーアシスト装置が運動をアシストした場合の筋電位は、作動しない場合の筋電位よりも小さい。したがって、パワーアシスト装置が、実際に被験者の運動をアシストしていると考えられる。また、パワーアシスト装置が作動しない場合の筋電位と、アシストするが効果が低減するように作動した場合の筋電位とは、ほぼ同じ結果が得られた。したがって、この場合には、被験者による足の運動は、パワーアシスト装置が作動しない場合とほぼ同じであると考えられる。そして、パワーアシスト装置が運動をアシストした場合の筋電位は、アシスト効果が低減するように動作した場合の筋電位よりも小さい。このことから、パワーアシスト装置は、被験者の運動をアシストしていると考えられる。なお、図21に示すように、外力によって被験者の足を運動させた場合には、(1)～(3)の状態に

おける筋電位の測定結果は、ほぼ等しくなる。したがって、図20に示す筋電位の大きさの差は、本発明の実施形態であるパワーアシスト装置の効果を有効に示していると考えられる。このように、本発明の実施形態であるパワーアシスト装置は、装着する人間の意に沿うように動作することが確認された。

[0042] 以上、本発明の実施形態（実施例）について詳細に説明したが、前記実施形態（実施例）は、本発明を実施するにあたっての具体例を示したに過ぎない。本発明の技術的範囲は、前記実施形態（実施例）に限定されるものではない。本発明はその趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であり、それらも本発明の技術的範囲に含まれる。

[0043] 上記実施形態では膝関節に本発明を適用する例を説明したが、適用部位もしくは箇所してこれに限らず、例えば肘関節等に対しても適用可能である。

#### **産業上の利用可能性**

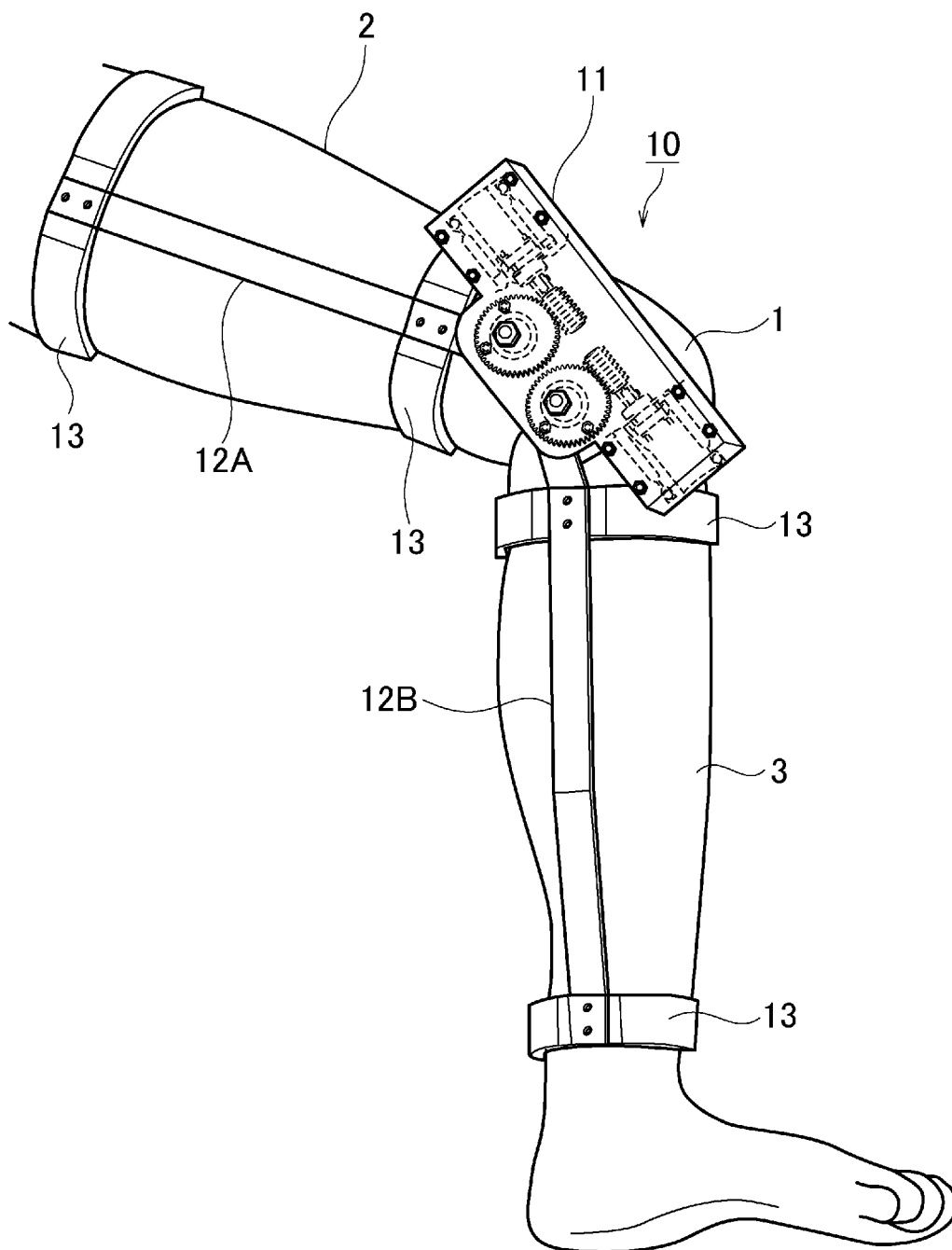
[0044] 本発明の装置は、これを装着した使用者の動作に最適な力量でアシストし、特に膝関節の屈曲及び伸展運動を極めて有効且つ効果的にアシストすることができる。本発明の装置は、装置構成がコンパクトであり、小型軽量とすることによりこれを装着する使用者の負担とならず、使用性や取り扱い性等に優れ、更に高い安全性が確保される。



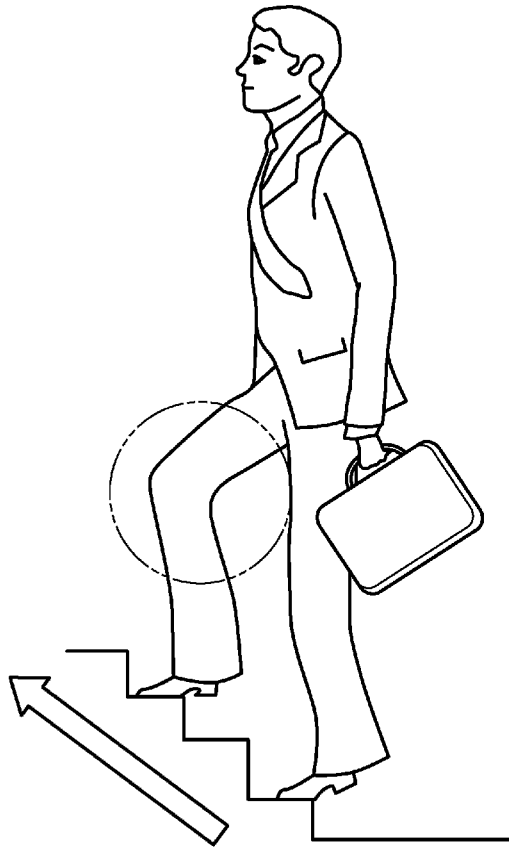
## 請求の範囲

- [請求項1] 膝関節まわりに装着して、膝の曲げ伸ばしの際に膝関節運動をアシストするための膝関節パワーアシスト装置であって、
- アシストパワーを発生させるための駆動部と、アシストパワーを伝達するためのパワー伝達機構と、膝関節の運動情報を取得するための力覚センサ機構とを具備し、
- 前記力覚センサ機構によって取得した膝関節の運動情報に基づき、前記駆動部がアシストパワーを発生するようにしたことを特徴とする膝関節パワーアシスト装置。
- [請求項2] 前記力覚センサ機構は、前記パワー伝達機構におけるセルフロック機能を介してその力覚センサが前記膝関節の運動情報を取得することを特徴とする請求項1に記載の膝関節パワーアシスト装置。
- [請求項3] 前記力覚センサ機構によって取得した膝関節の運動情報に基づき、仮想コンプライアンス制御により膝関節運動の目標速度を生成し、この目標速度となるように前記駆動部がアシストパワーを発生することを特徴とする請求項1に記載の膝関節パワーアシスト装置。
- [請求項4] 前記パワー伝達機構の出力部は、膝の曲げ伸ばしに伴う膝関節運動の回転中心の変化に実質的に対応する瞬間中心の移動軌跡を持つように作動することを特徴とする請求項1に記載の膝関節パワーアシスト装置。
- [請求項5] パワーアシストユニットが膝関節の側部に配置され、その出力リンクが大腿部及び脛部に沿って固定され、該リンクを介してアシストパワーを付与することを特徴とする請求項1に記載の膝関節パワーアシスト装置。

[図1]



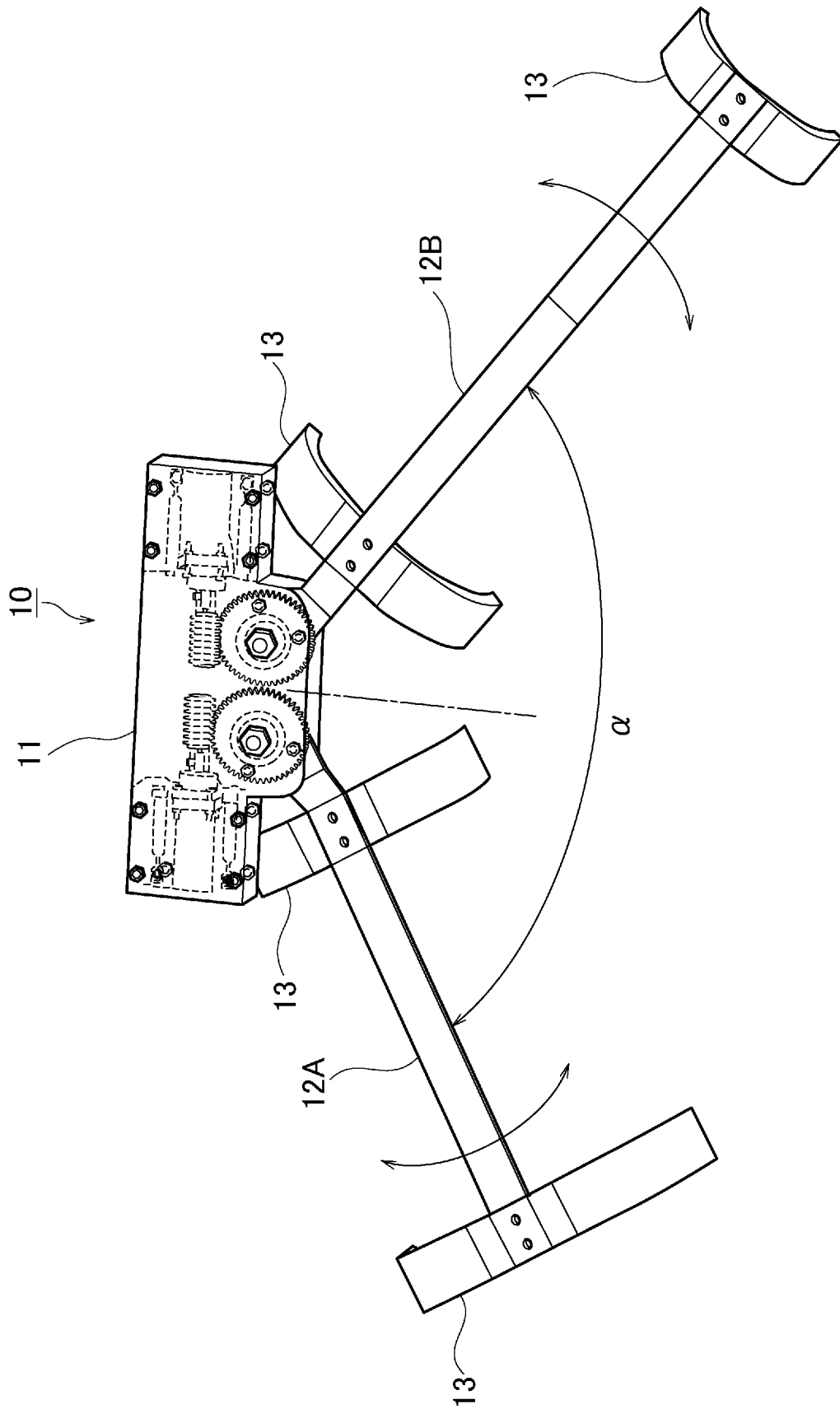
[图2A]



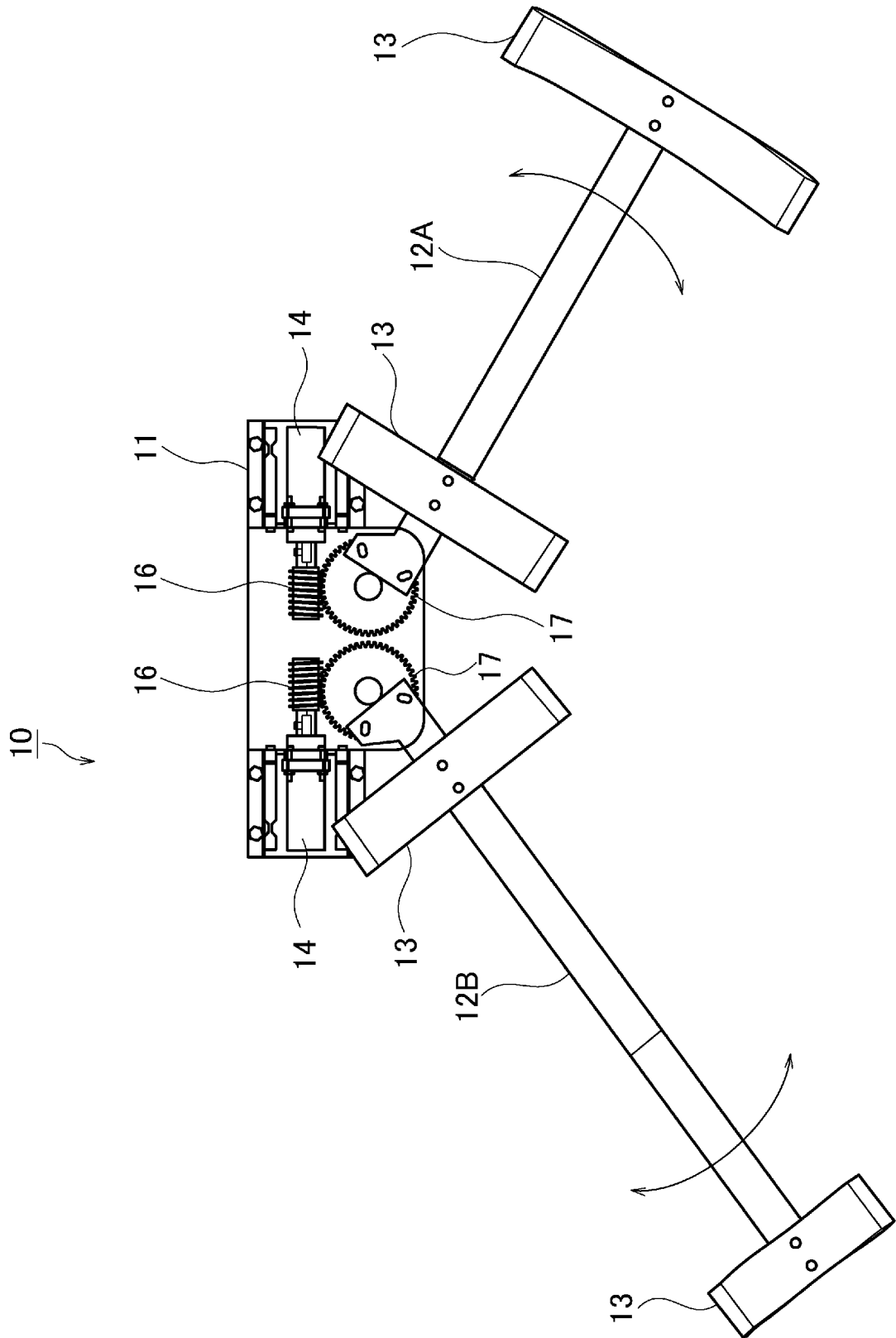
[图2B]



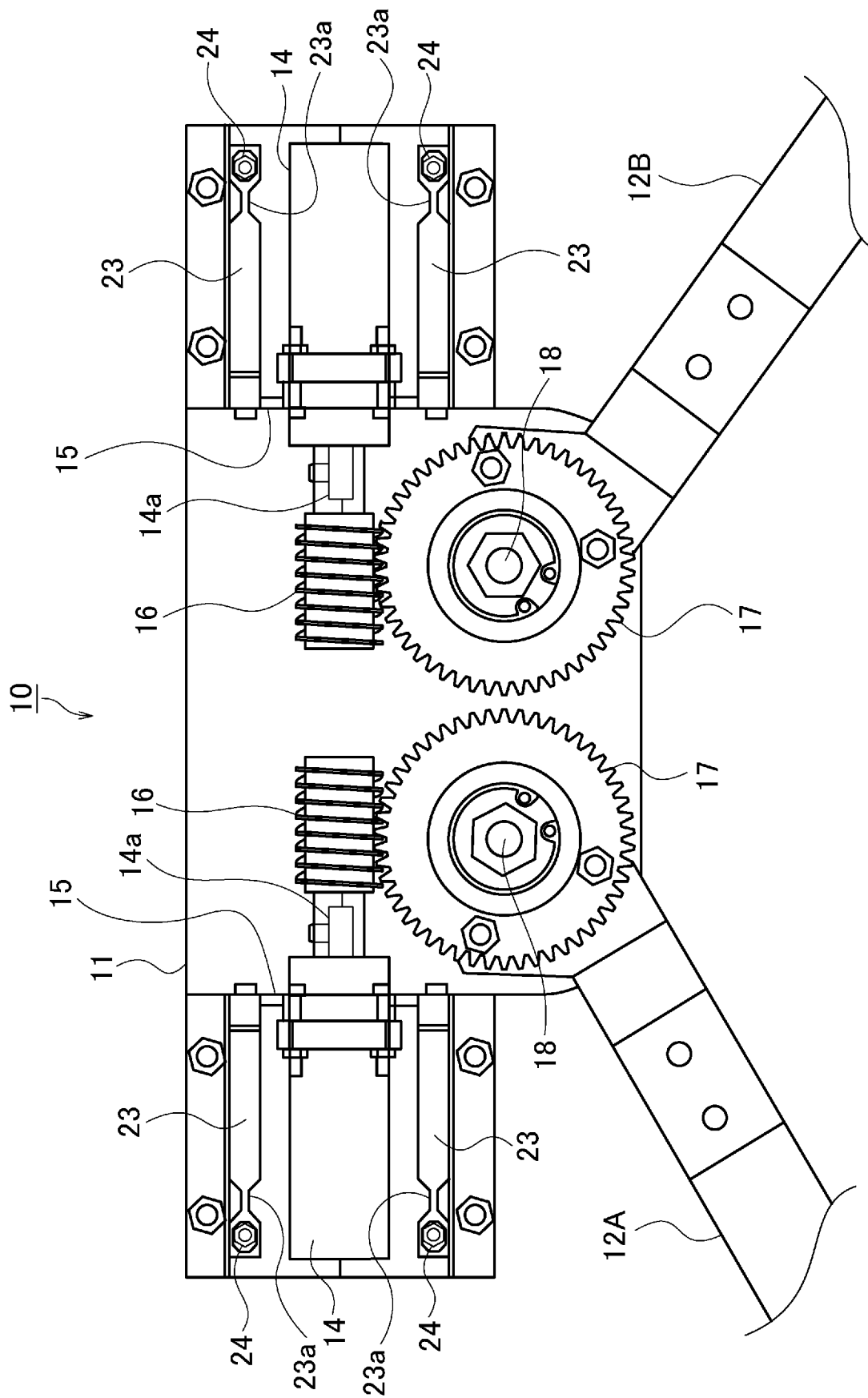
[図3]



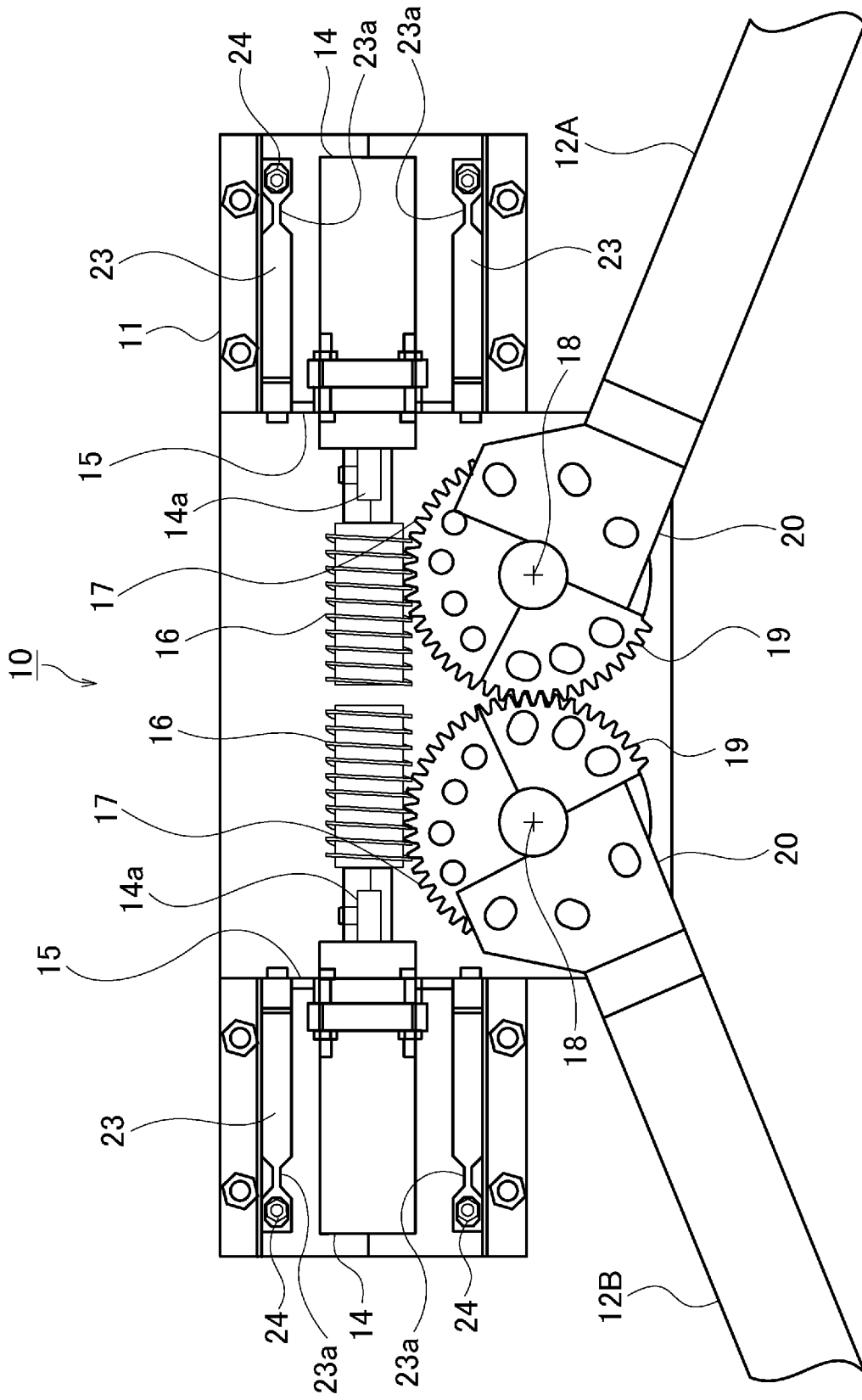
[図4]



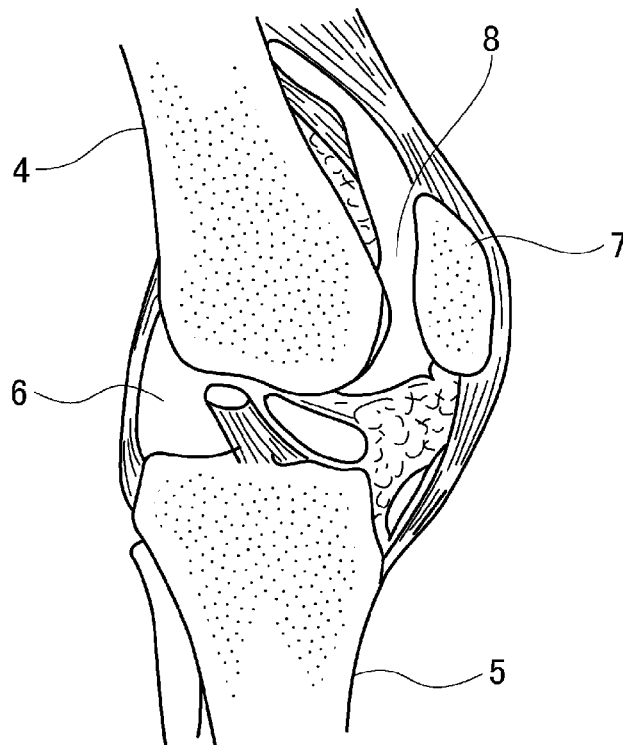
[5]



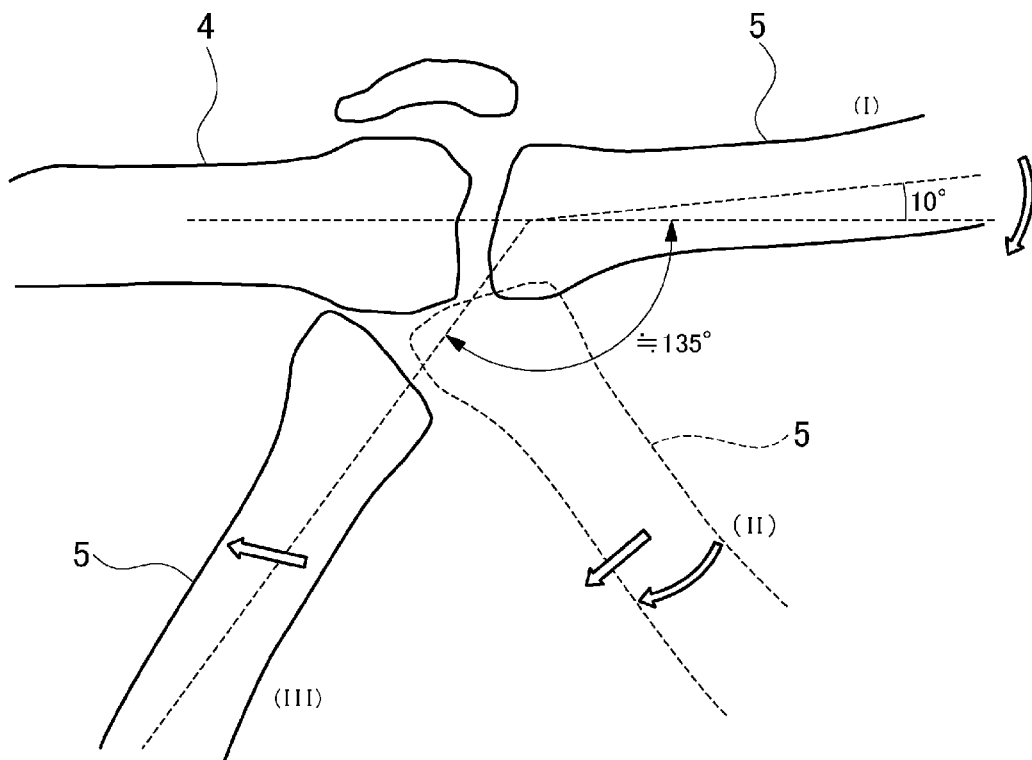
[図6]



[図7A]

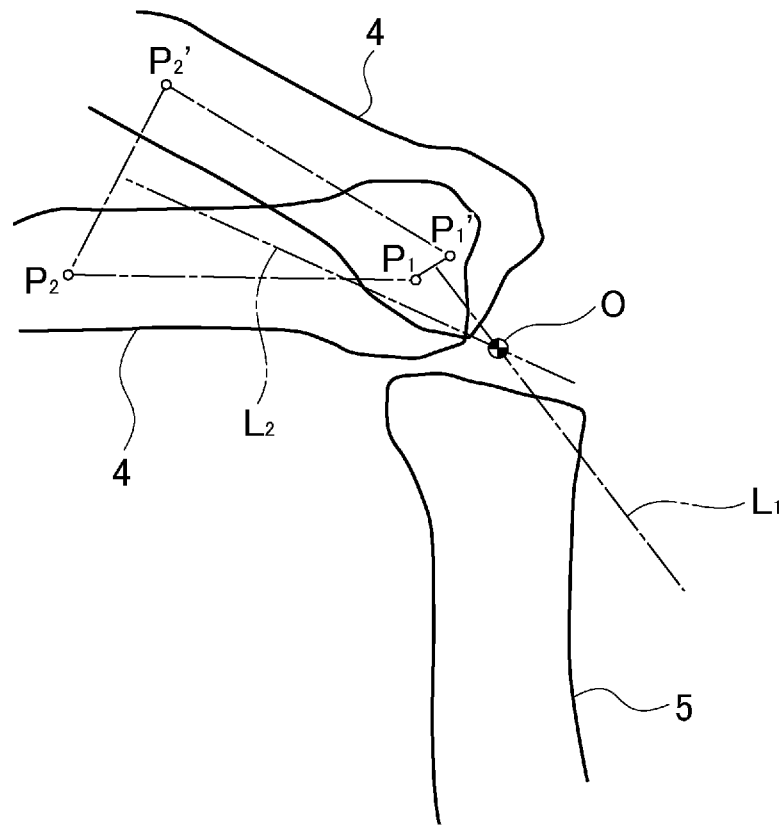


[図7B]

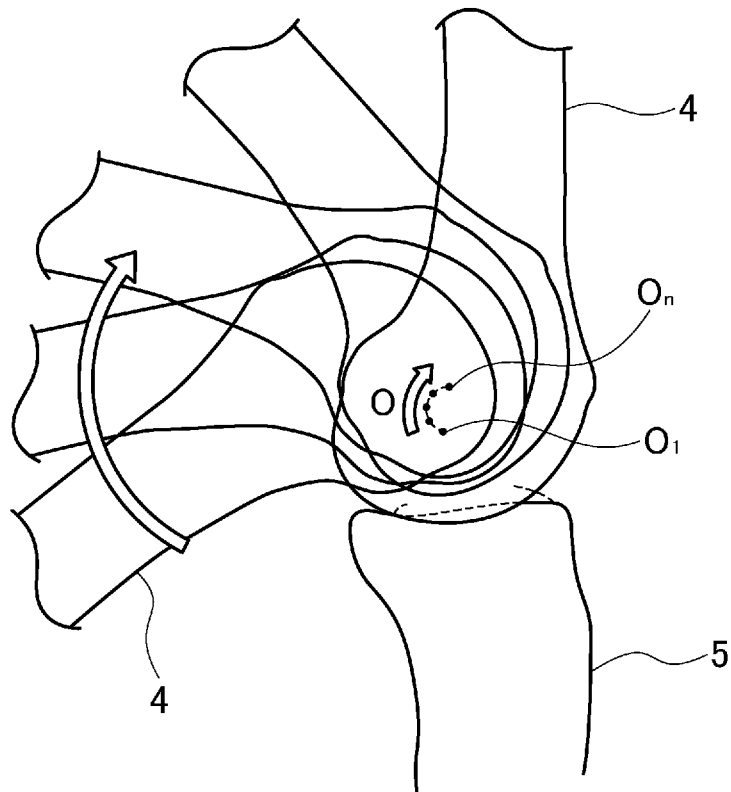




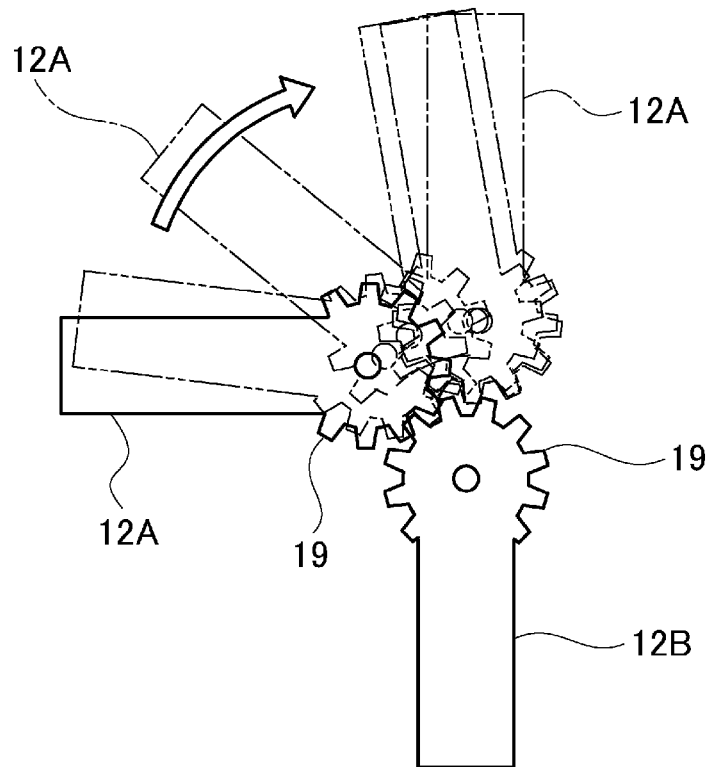
[図8A]



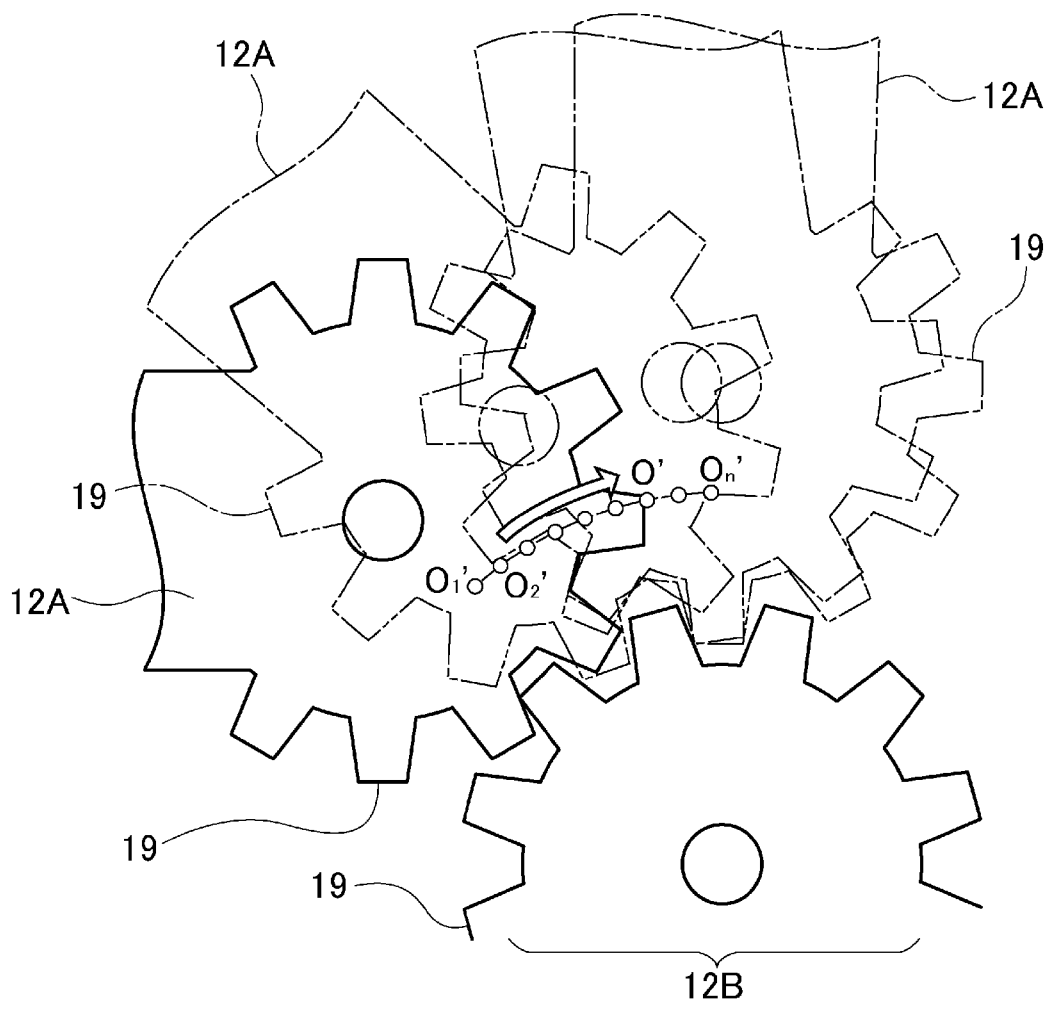
[図8B]



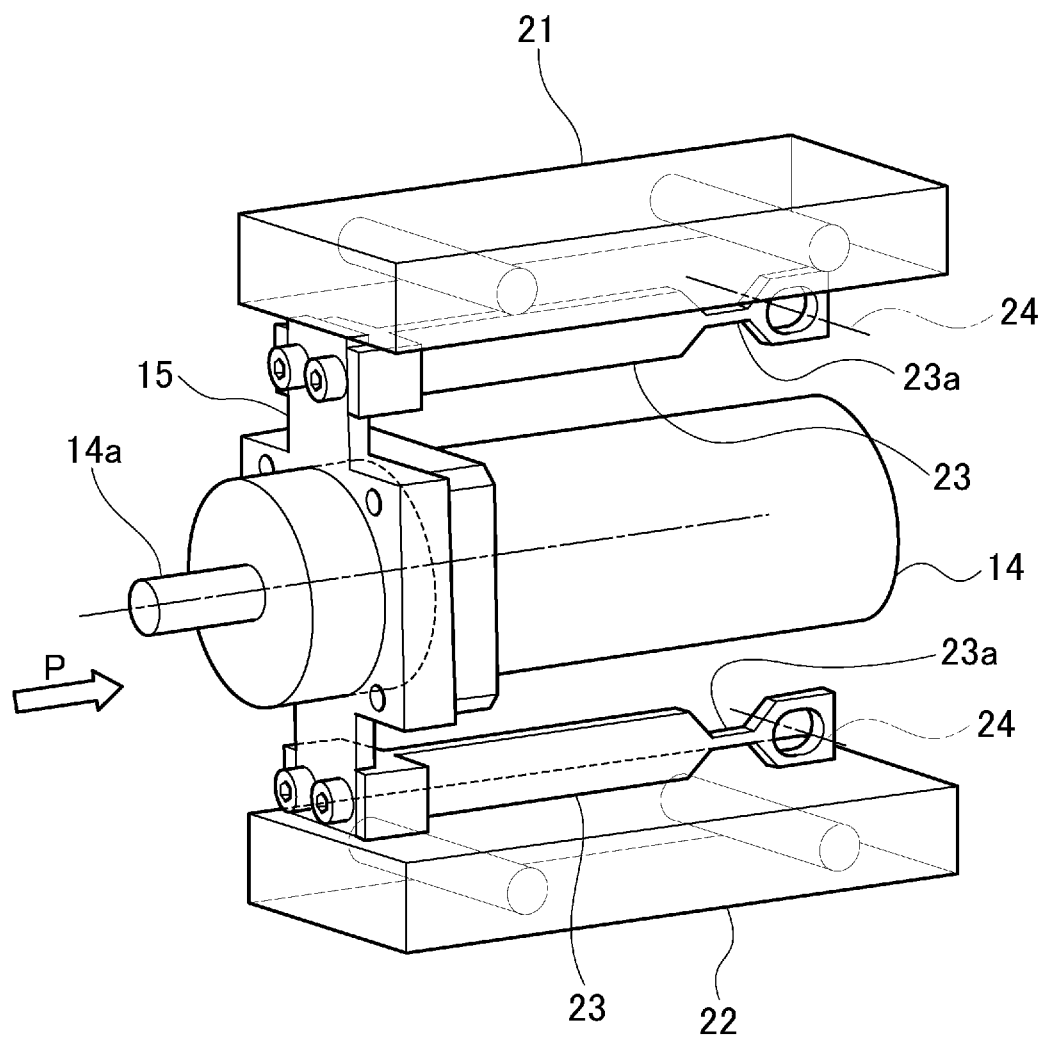
[図9A]



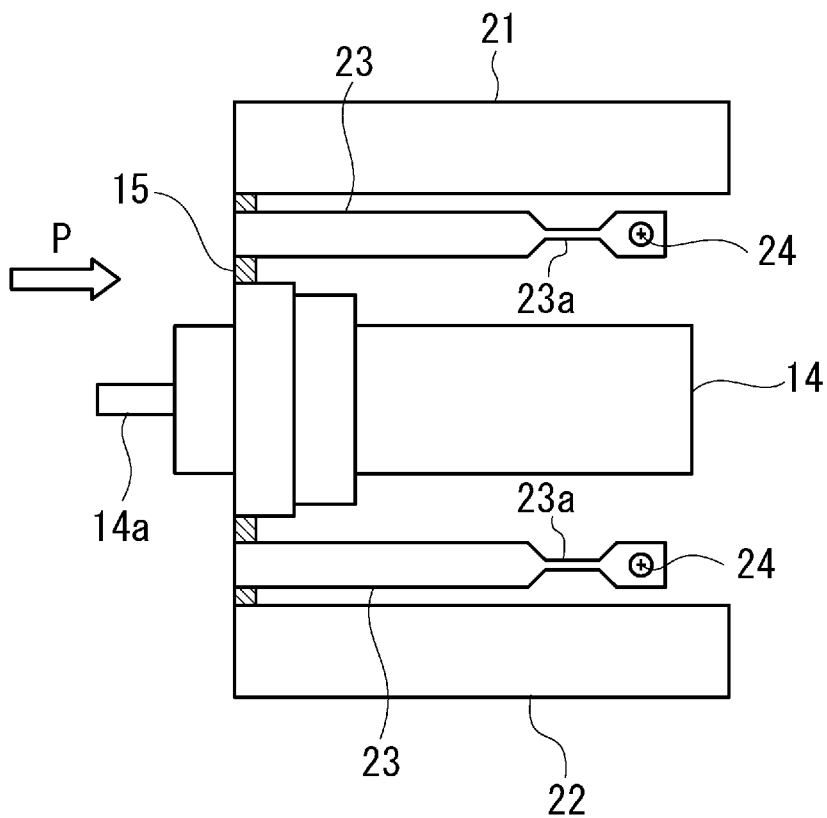
[図9B]



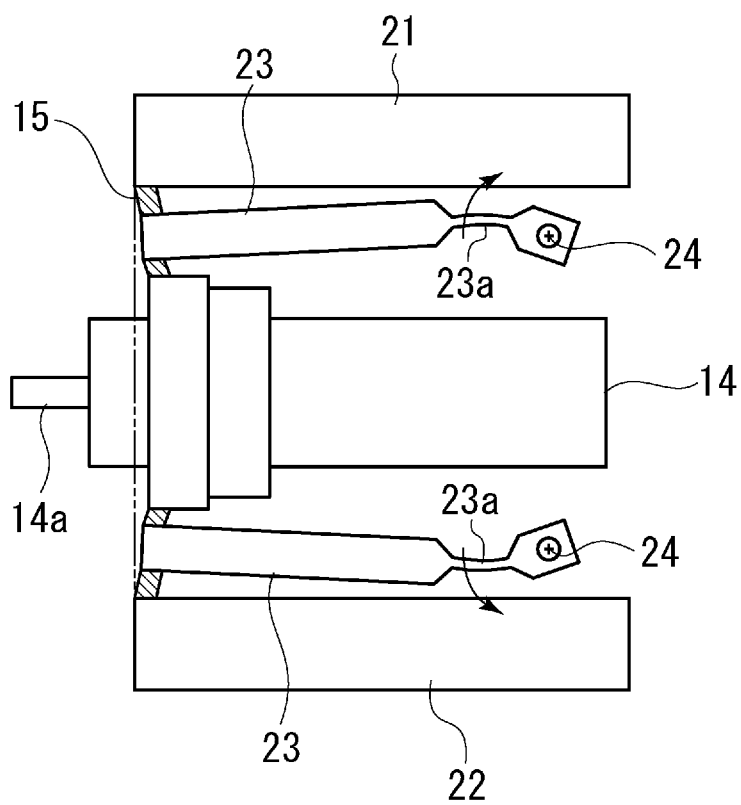
[図10]



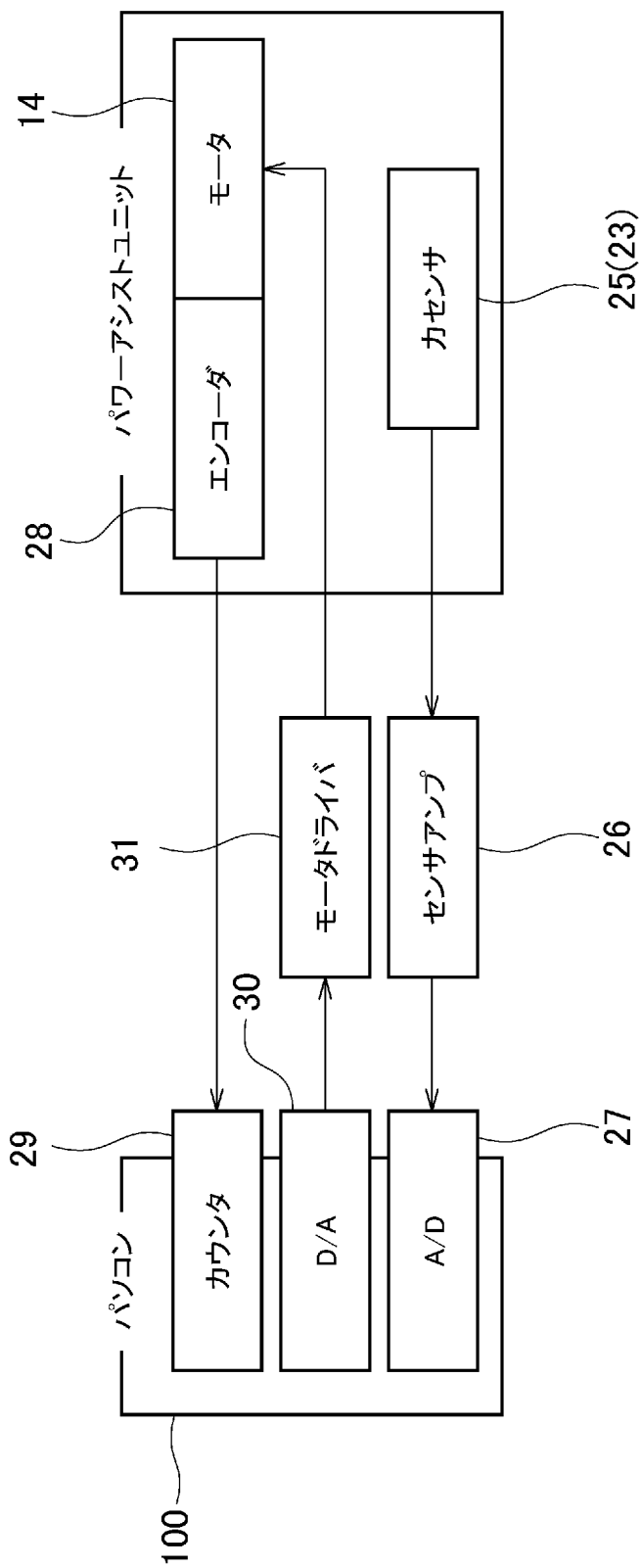
[図11A]



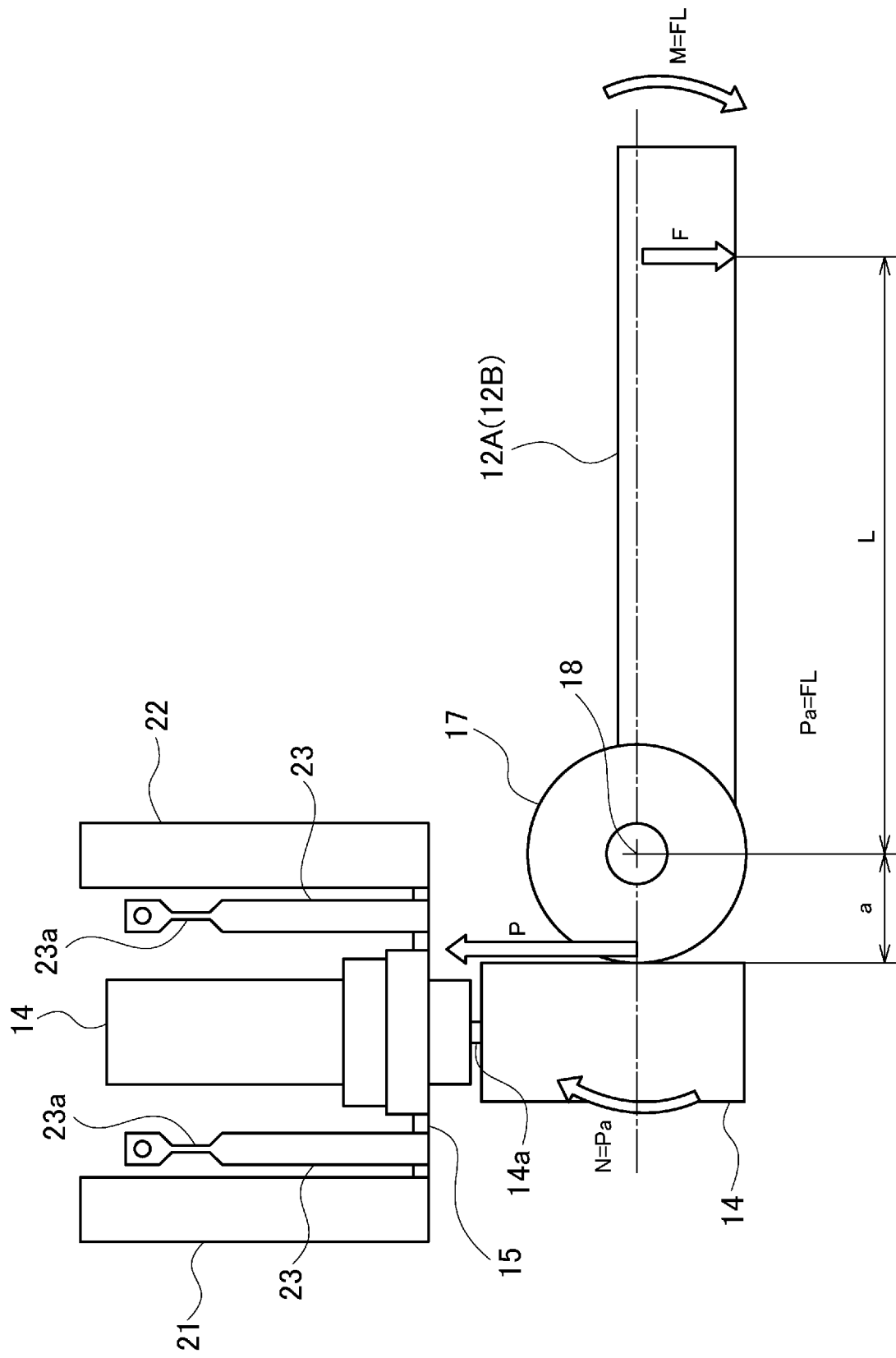
[図11B]



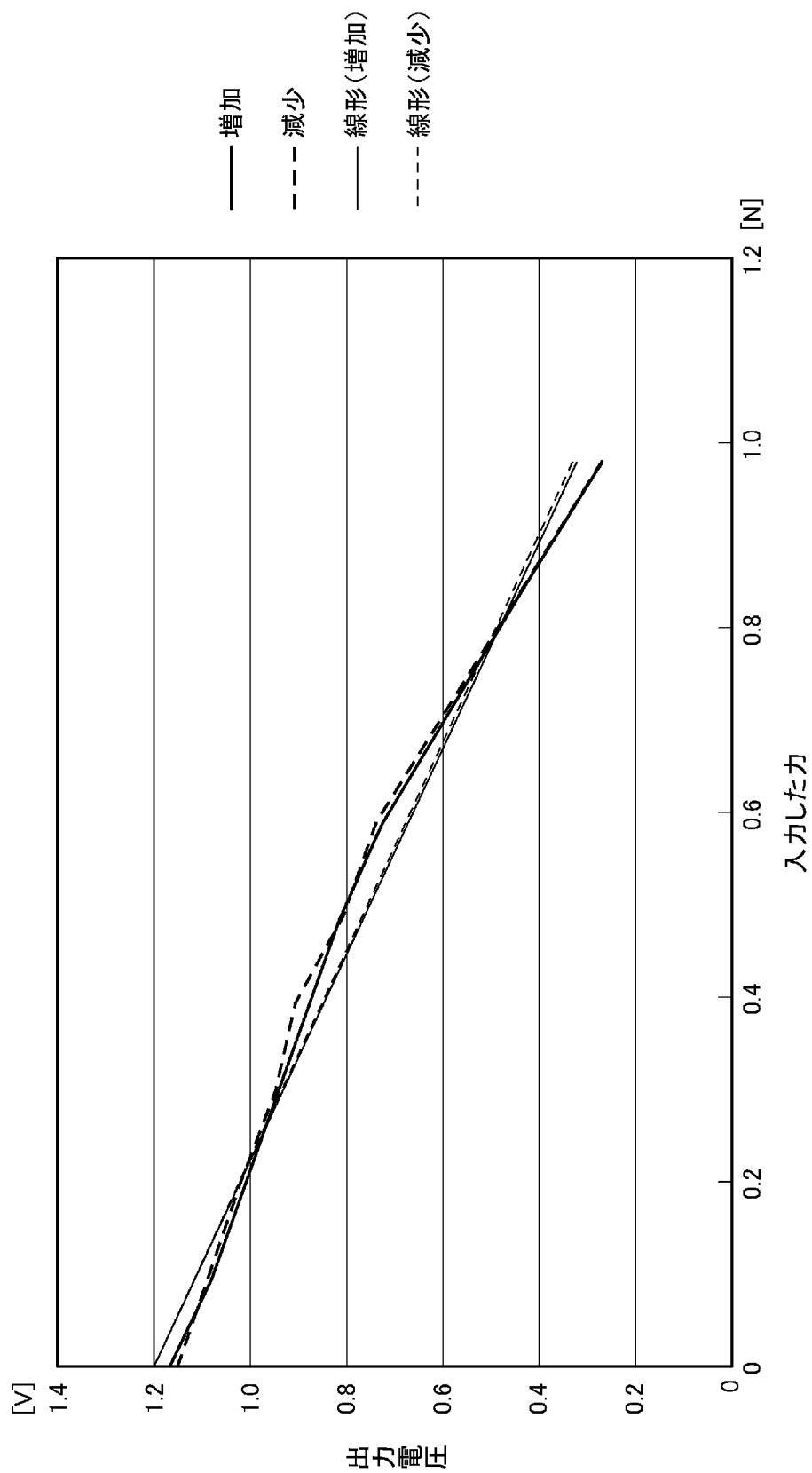
[図12]



[図13]

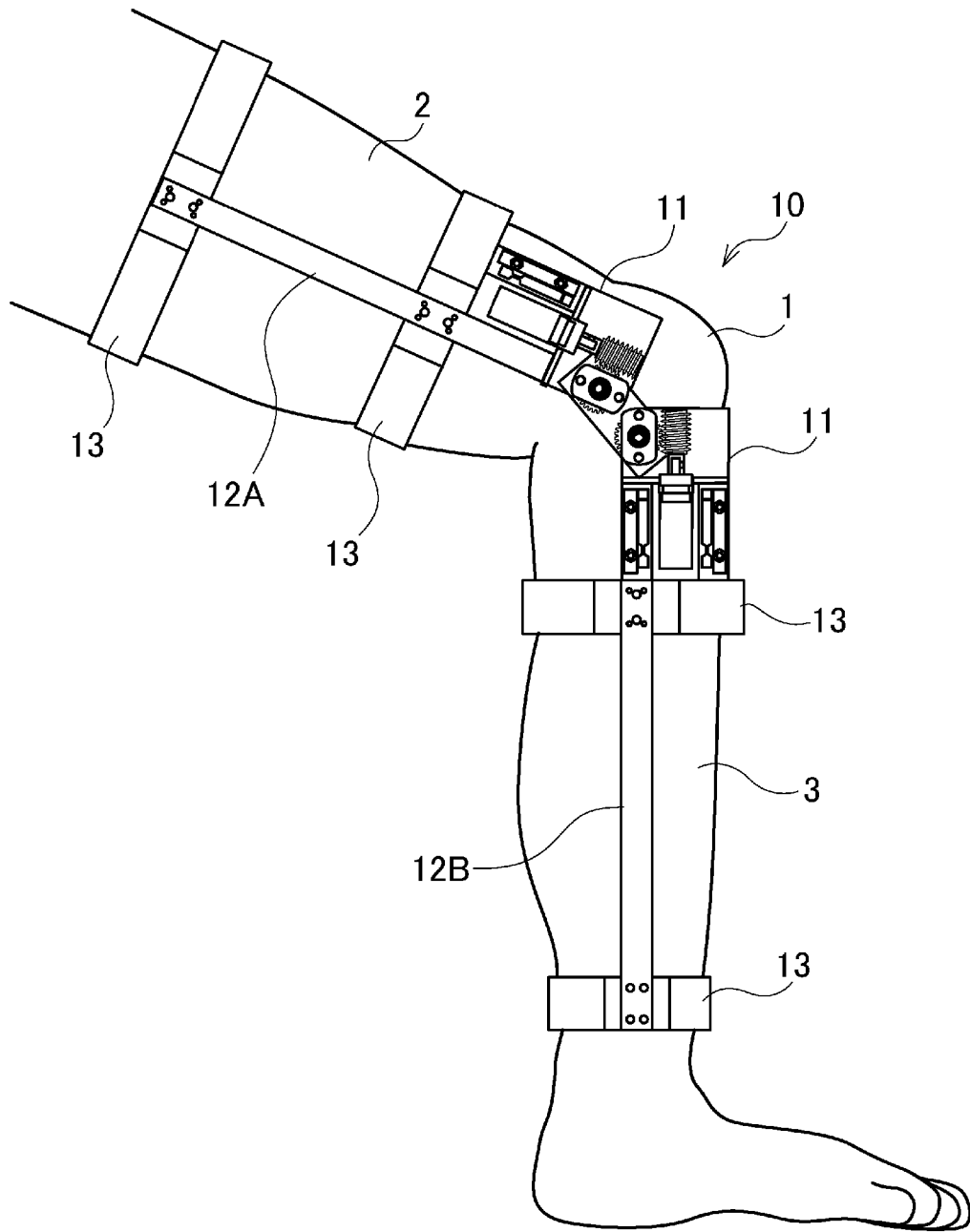


[図14]

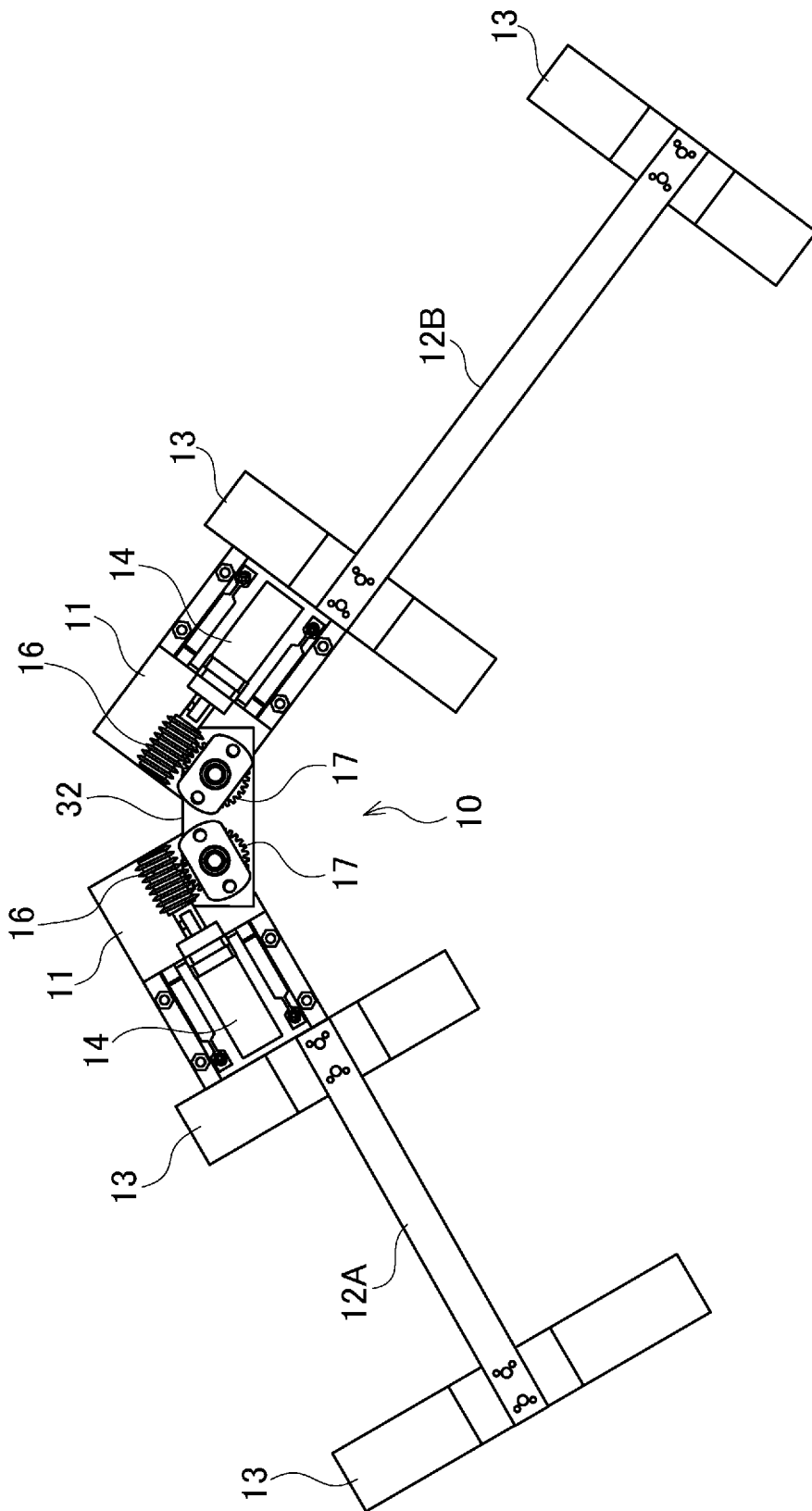




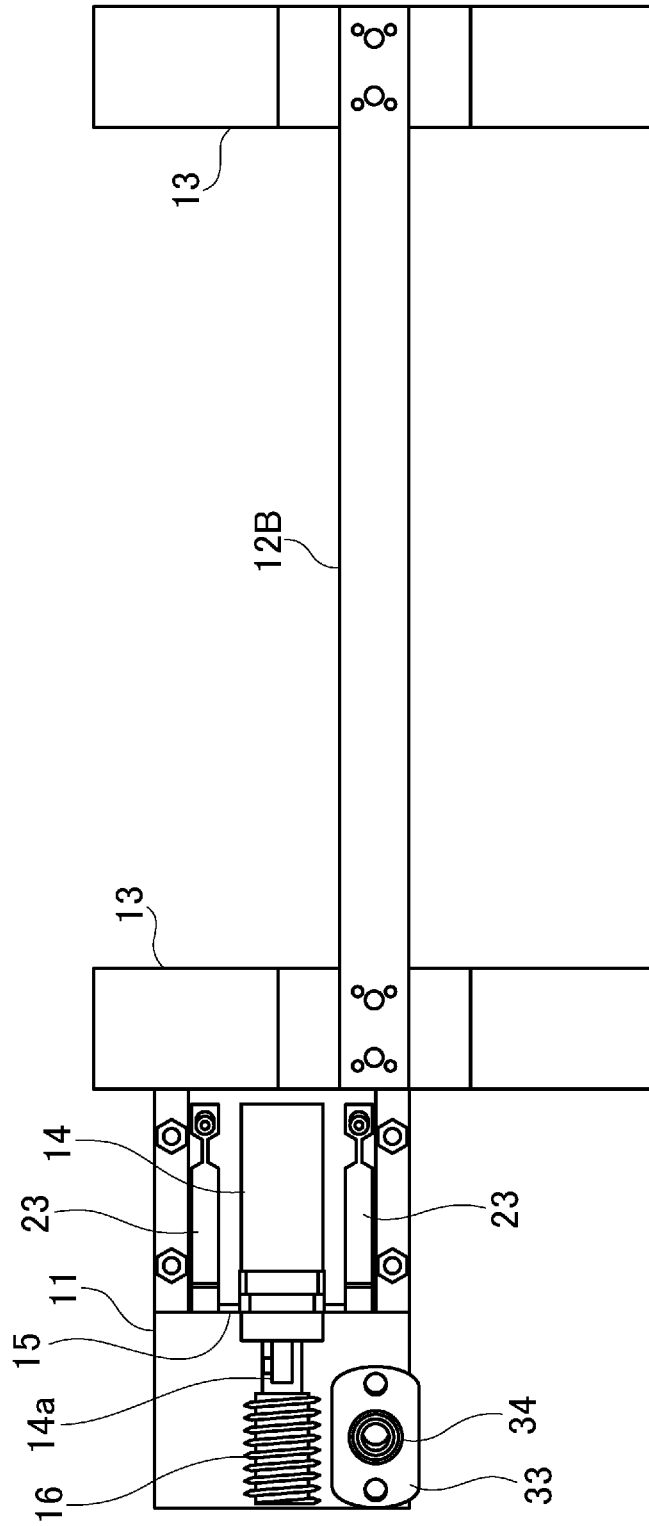
[図15]



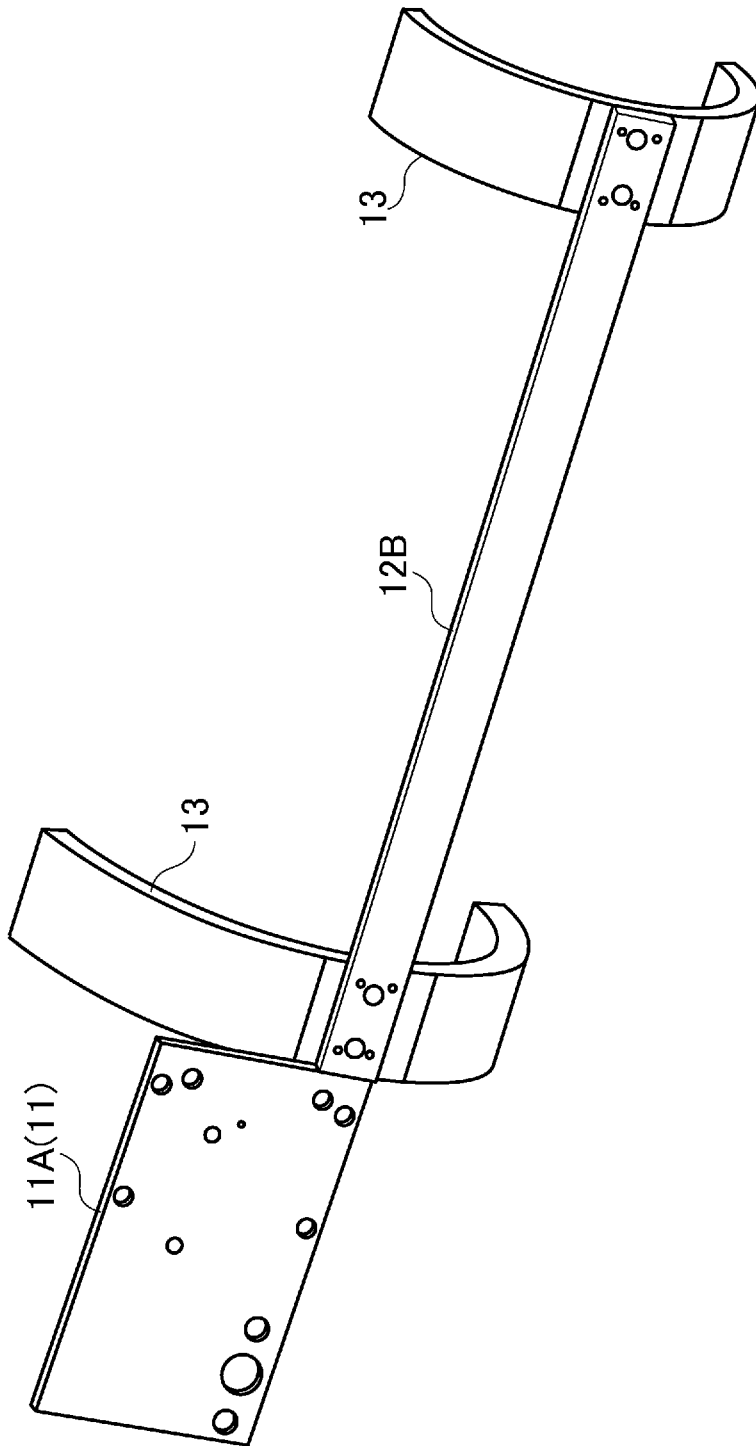
[図16]



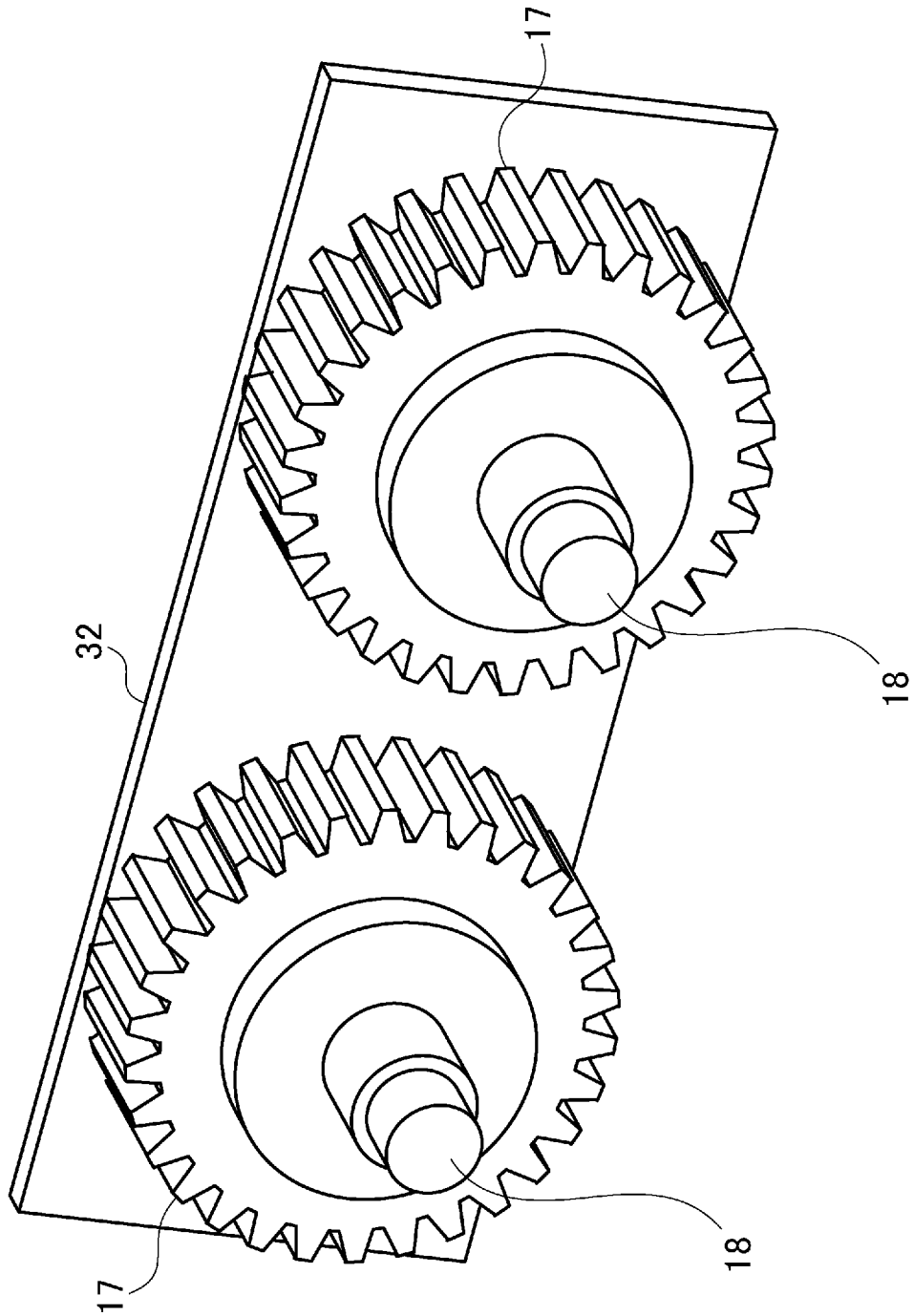
[図17]



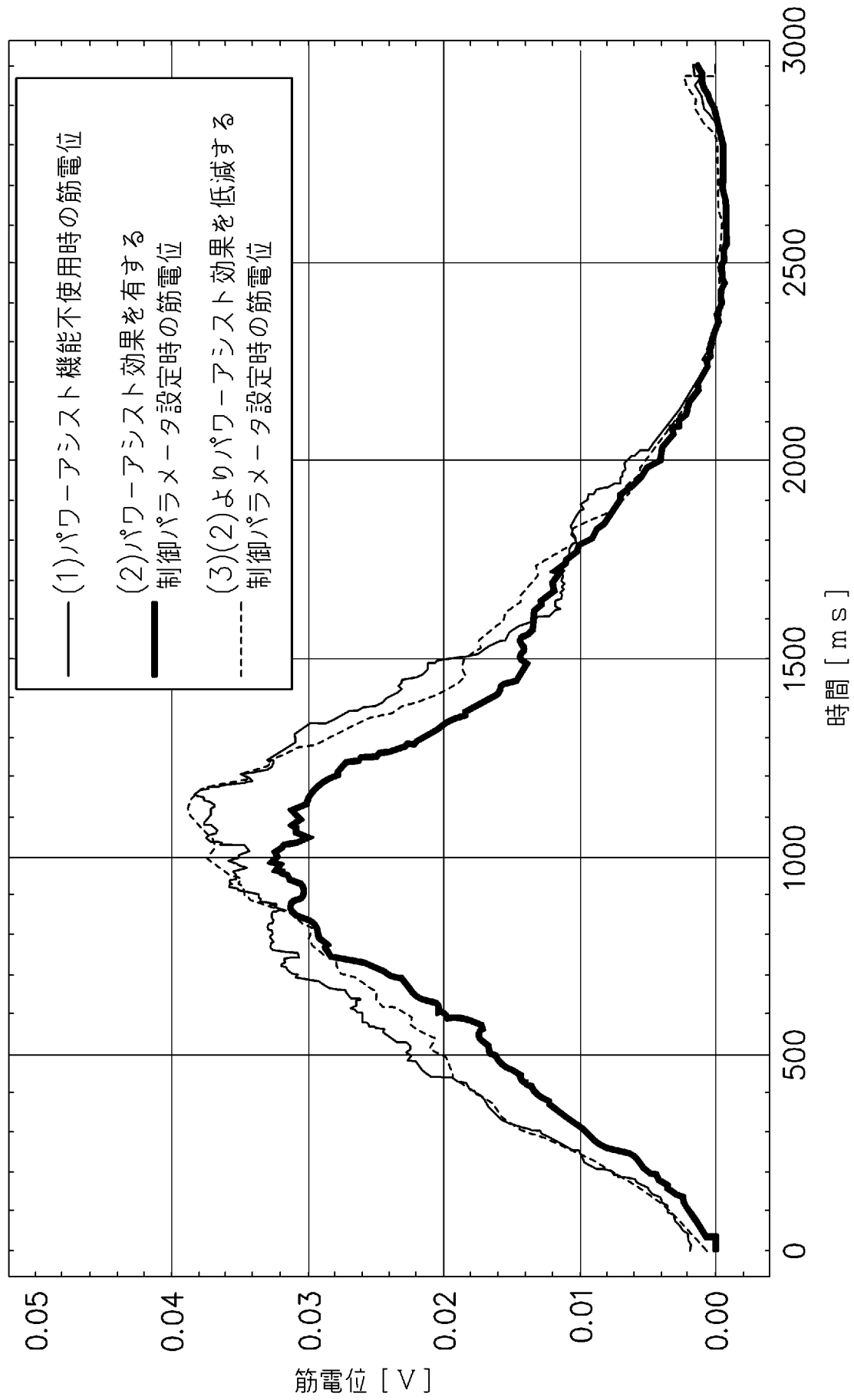
[18]



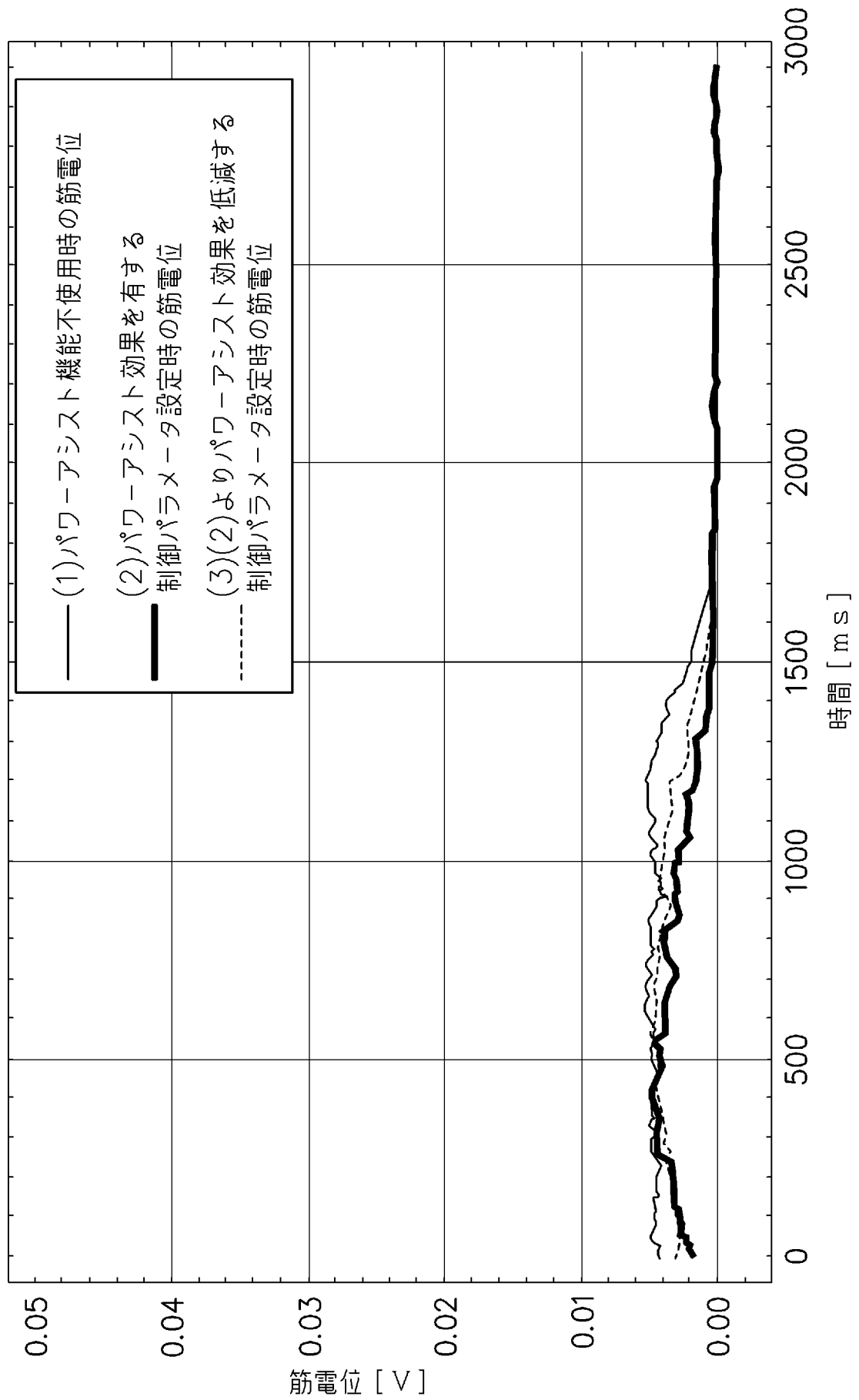
[図19]



[図20]



[図21]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/061393

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

A61F2/60(2006.01) i, A61F2/68(2006.01) i, A61H3/00(2006.01) i

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

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61F2/60, A61F2/68, A61H3/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-275482 A (Suncall Engineering Kabushiki Kaisha), 25 October 2007 (25.10.2007), paragraphs [0014] to [0027]; fig. 1 to 12 (Family: none)	1-5
Y	JP 2006-75254 A (Honda Motor Co., Ltd.), 23 March 2006 (23.03.2006), paragraphs [0024] to [0027]; fig. 1 to 5 & US 2006/0052732 A1	1-5
Y	JP 8-243136 A (Yaskawa Electric Corp.), 24 September 1996 (24.09.1996), paragraphs [0006] to [0011]; fig. 3 (Family: none)	3

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
04 July, 2011 (04.07.11)

Date of mailing of the international search report  
19 July, 2011 (19.07.11)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/061393

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-163607 A (Tokyo R & D Co., Ltd.), 27 June 1995 (27.06.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2000-107213 A (Shigeki TOYAMA), 18 April 2000 (18.04.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2002-346960 A (Japan Science and Technology Corp.), 04 December 2002 (04.12.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. A61F2/60(2006.01)i, A61F2/68(2006.01)i, A61H3/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. A61F2/60, A61F2/68, A61H3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2011年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2011年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-275482 A (サンコールエンジニアリング株式会社) 2007.10.25, 段落【0014】-【0027】, 図1-12 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2006-75254 A (本田技研工業株式会社) 2006.03.23, 段落【0024】-【0027】, 図1-5 & US 2006/0052732 A1	1-5

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

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

国際調査を完了した日 04.07.2011	国際調査報告の発送日 19.07.2011
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 毛利 大輔 電話番号 03-3581-1101 内線 3344

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 8-243136 A (株式会社安川電機) 1996. 09. 24, 段落【0006】－【0011】, 図3 (ファミリーなし)	3
A	JP 7-163607 A (株式会社東京アールアンドデー) 1995. 06. 27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1－5
A	JP 2000-107213 A (遠山 茂樹) 2000. 04. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1－5
A	JP 2002-346960 A (科学技術振興事業団) 2002. 12. 04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1－5