



NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

## 明 細 書

**発明の名称：**アクチュエータの駆動制御装置

### 技術分野

[0001] この発明は、ロボット制御技術に関し、特にロボットにより可動部を駆動するアクチュエータの駆動制御装置に関する。

### 背景技術

[0002] 現在の産業ロボットなどに使われるロボットアームの位置や速度を制御する精度はすでに人間の能力を超えていると思われる。また、ロボットの可動部分の慣性を小さくすることを可能にする技術（例えば特許文献1参照）や、ロボットの手先の柔軟性を制御する技術（例えば特許文献2参照）も提案されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-61302号公報

[0004] 特許文献2：特開2014-4654号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、ロボットに人間らしい動作をさせることは難しく、楽器演奏もあたかも人間が弾いているような演奏をさせることは極めて難しい。

[0006] 一般的なロボットアームやロボットの動力として使われているアクチュエータ（人工筋肉）は、駆動信号に対しては滑らかに精度良く動作するものの、外力に対しては基本的に剛体である。

[0007] アクチュエータの種類によっては、柔らかいものもあり（例えば特許文献2参照）、ロボットを精度良く動かすためには位置制御（位置フィードバック）を行う必要がある。しかし、この位置制御を行うと、アクチュエータは剛体化に向かい、正常な動作中はほぼ同じ固さを維持する。このため、アクチュエータの振舞いは、人間の筋肉の振る舞いと大きく異なったものになる

。

[0008] 例として「太鼓を叩く」という動作の場合、実際に人間が太鼓を叩いている映像からバチの先端の軌跡を分析し、その動作をロボットアームで再現することは可能である。そして、ロボットにおいて、このバチの先端の位置制御を行うことは、かなりの精度で実現可能であり、おそらく人間以上の精度での位置制御が可能であると考えられる。

[0009] しかし、そのようなバチの先端の位置制御を行うだけでは、人間が太鼓を叩いたような音は響かない。何故ならば、バチの軌跡は、すべてが人間の意思で動いているのではなく、多くの部分が太鼓側のリアクションによって作られているためである。バチの軌跡の最初の部分は、人間の意思で太鼓の皮に向かって力を込めてバチに運動エネルギーを与えることにより形成される。このとき筋肉は硬直した固いばねのような状態となる。このままの状態ではバチが皮に当たるまでバチを振り続けると、音は出るものの、バチを皮に押し付けた状態になるので、皮の自由振動が妨げられる。このため、バチによる打撃音がミュートされ、太鼓特有の音の余韻が得られない。ロボットアームによる打撃もこれに近い状態になると考えられる。

[0010] 実際の演奏では、バチに力を与えて加速した後、皮に当たる直前に筋肉の力を抜く（脱力する）ことで、バチに運動エネルギーを与え、バチの先端を皮にぶつける。そうすることでバチの質量と皮のバネ性との間で連成共振を起こさせ、バチの運動エネルギーを効率よく皮の振動エネルギーに変えて音を発生させる。その後、演奏者は、バチが皮の反発力で跳ね返されたタイミングに合わせて筋肉に力を入れて、バチを受け止める。この一連の動作の中で、人間の筋肉の力がバチの動きに関与しているのは最初の加速時と最後の静止時となる。音が出るタイミングの前後は、基本的に筋肉が完全に脱力しているため、バチの動きはバチと太鼓の皮で決定される。良い音を出すには、筋肉がこの動きを妨げないようにすることが重要である。

[0011] しかしながら、アクチュエータの駆動制御において、このような脱力の制御を可能にする手段は提供されていない。

[0012] この発明は以上のような事情に鑑みてなされたものであり、アクチュエータの駆動制御において脱力の制御を可能にすることを目的としている。

### 課題を解決するための手段

[0013] この発明の第1観点に係る駆動制御装置は、駆動制御信号に応じて、アクチュエータの駆動制御を行う駆動制御手段と、圧力制御信号に応じて、前記アクチュエータが発生する圧力の制御への前記駆動制御信号の関与を制御する圧力制御手段とを具備する。

[0014] この発明の第2観点に係る駆動制御装置は、第1観点に係る駆動制御装置であって、前記駆動制御信号は、前記アクチュエータにより駆動される可動部の位置を示す位置検出信号と、前記可動部の位置を指示する位置制御信号との位置誤差を示す位置誤差信号である。

[0015] この発明の第3観点に係る駆動制御装置は、第1観点又は第2観点に係る駆動制御装置であって、制動力制御信号に応じて、前記圧力に対する制動力を制御する制動力制御手段をさらに具備する。

[0016] この発明の第4観点に係る駆動制御装置は、第1観点又は第2観点に係る駆動制御装置であって、制動力制御信号に応じて、前記アクチュエータの駆動制御のための駆動部の出力インピーダンスを制御する制動力制御手段をさらに具備する。

[0017] この発明の第5観点に係る駆動制御装置は、第4観点に係る駆動制御装置であって、前記制動力制御手段は、前記アクチュエータの駆動電流の帰還制御を行うことにより圧力指示信号に応じた駆動電流を前記駆動部に出力させる制御および前記駆動部の出力インピーダンスの制御を行う制動力制御ループを含む。前記圧力制御手段は、前記駆動制御信号に前記圧力制御信号に基づく信号処理を施すことにより前記圧力指示信号を生成する。

[0018] この発明の第6観点に係る駆動制御装置は、第5観点に係る駆動制御装置であって、前記制動力制御手段は、前記制動力制御信号に応じて、前記制動力制御ループのゲインおよび帰還量の極性を制御する。

[0019] この発明の第7観点に係る駆動制御装置は、第5観点又は第6観点に係る

駆動制御装置であって、前記圧力制御手段は、前記圧力指示信号を前記圧力制御信号により定まる限界以内に制限する。

[0020] この発明の第8観点に係る駆動制御装置は、第5観点から第7観点のいずれかに係る駆動制御装置であって、前記圧力制御手段は、前記駆動制御信号に対する前記圧力指示信号のゲインを前記圧力制御信号に基づいて制御する。

[0021] この発明の第9観点に係る駆動制御システムは、第1観点から第8観点のいずれかに係る駆動制御装置と、前記駆動制御装置に前記駆動制御信号及び前記圧力制御信号を供給するホストコンピュータとを具備する。

[0022] この発明の第10観点に係る駆動制御システムは、可動部と、前記可動部を駆動制御するアクチュエータと、第1観点から第9観点のいずれかに係る駆動制御装置とを具備する。

[0023] この発明の第11観点は、アクチュエータにより駆動される可動部の位置を示す位置検出信号と前記可動部の位置を指示する位置制御信号との位置誤差を示す位置誤差信号に応じて前記アクチュエータの駆動制御を行う位置制御手段と、圧力制御信号に応じて前記アクチュエータが発生する圧力の制御への前記位置誤差信号の関与を制御する圧力制御手段とを具備することを特徴とするアクチュエータの駆動制御装置を提供する。

## 図面の簡単な説明

[0024] [図1]この発明の第1実施形態である駆動制御装置の適用対象であるアクチュエータとこれを取り付けられたロボットアームを示す図である。

[図2]同アクチュエータの構成を示す組み立て図である。

[図3]同アクチュエータの構成を示す側面図である。

[図4]同アクチュエータの構成を示す平面図である。

[図5]同アクチュエータにおいてコイルが巻き回されていない状態のコイル保持体を示す側面図である。

[図6]同コイル保持体の平面図である。

[図7]人間による楽器演奏のモデルの構成を示すブロック図である。

[図8]この発明の第1実施形態であるアクチュエータシステムの構成を示すブロック図である。

[図9]同実施形態におけるアクチュエータの駆動制御装置の構成例を示す回路図である。

[図10]同駆動制御装置における位置制御ループの構成例を示す回路図である。

[図11]同駆動制御装置における位置制御ループの他の構成例を示す回路図である。

[図12]同駆動制御装置における制動力制御ループの構成例を示す回路図である。

[図13]定電流駆動回路の構成例を示す回路図である。

[図14]定電流駆動回路における駆動回路の出力インピーダンスを説明する回路図である。

[図15]定電流駆動回路を利用した可変出力インピーダンス回路の構成例を示す回路図である。

[図16]同駆動制御装置における電圧リミタの構成例を示す回路図である。

[図17]同駆動制御装置におけるループゲイン制御部および電圧リミタからなる回路の伝達特性を示す図である。

[図18]同実施形態の第1の動作例を示すタイムチャートである。

[図19]同実施形態の第2の動作例を示すタイムチャートである。

[図20]この発明の第2実施形態によるアクチュエータの駆動制御装置の構成を示すブロック図である。

### 発明を実施するための形態

[0025] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

[0026] <第1実施形態>

<<本実施形態の適用対象>>

図1は、この発明の第1実施形態による駆動制御装置（図1では図示略）の適用対象であるアクチュエータ200Aと、これに取り付けられたロボッ

トアーム３００を示す図である。このロボットアーム３００は、ドラム演奏に用いられる。図１に示すように、ロボットアーム３００は、上腕部３０１と、下腕部３０２とを有する。ここで、下腕部３０２の先端にはドラムスティック３０４が固定されている。上腕部３０１の先端には、関節３０３が設けられている。この関節３０３は、下腕部３０２のドラムスティック３０４と反対側の端部の近傍部分を貫通する軸（図示略）を備えている。下腕部３０２は、この関節３０３を支点として回動可能である。

[0027] アクチュエータ２００Ａは、上腕部３０１の下面に固定されている。下腕部３０２のドラムスティック３０４と反対側の端部は、連結棒２９９を介して、このアクチュエータ２００Ａのコイル保持体（図１では図示略）に連結されている。本実施形態では、このアクチュエータ２００Ａの駆動制御を行うことにより、ロボットアーム３００にドラム演奏を行わせる。

[0028] <<アクチュエータの構成>>

図２は本実施形態において使用するアクチュエータ２００Ａの組み立て図、図３は同アクチュエータ２００Ａを図１の紙面垂直方向から見た側面図、図４は同アクチュエータ２００Ａを図１の左斜め下方から見た平面図である。なお、以下では、説明の便宜のため、「軸方向」という言葉を用いるが、この「軸方向」は図３および図４における左右方向を意味する。

[0029] 図２～図４に示すように、アクチュエータ２００Ａは、筐体部２１０と、コイル保持体２２０Ａとを有する。筐体部２１０は、上下の壁をなす外側ヨーク２１１および２１２と、前後の壁をなす外側ヨーク２１３ａ、２１３ｂ、２１４ａ、２１４ｂとにより囲まれ、側方が吹き抜け状態の略直方体の筐体である。ここで、外側ヨーク２１１、２１２、２１３ａ、２１３ｂ、２１４ａ、２１４ｂは、各々矩形平板状の磁性体により構成されている。なお、図２では、図面が煩雑になるのを防ぐため、外側ヨーク２１４ａ、２１４ｂの図示が省略されている。

[0030] 外側ヨーク２１１および２１２は、互いに平行であり、所定間隔を空けて対向した平面部を各々有している。この外側ヨーク２１１および２１２の平

面部間の空間の中央に、矩形平板状の磁性体からなる内側ヨーク 215 が位置している。この内側ヨーク 215 は、外側ヨーク 213 a、213 b の外側から外側ヨーク 213 a および 213 b 間の隙間を貫通し、外側ヨーク 214 a および 214 b 間の隙間に至っている。この内側ヨーク 215 の表裏 2 面の各平面部は、外側ヨーク 211 および 212 の各平面部に対向している。外側ヨーク 213 a、213 b から突出した内側ヨーク 215 の端部は、図示しないボルト等の固定手段により図 1 の上腕部 301 に固定される。

[0031] コイル保持体 220 A は、軸方向に貫通する中空領域を内包した直方体形状の本体 221 と、この本体 221 の軸方向一端の幅方向両端の 2 箇所から軸方向に突き出した 2 本の棒部 222 a' および 222 b' と、この棒部 222 a' および 222 b' の端部間に挟まれた橋絡部 223 とを有する。橋絡部 223 は、図 1 の連結棒 299 の端部に連結される。また、本体 221 の軸方向両端付近の各領域にはコイル 225' および 226' が巻回されている。内側ヨーク 215 は、この本体 221 内の中空領域を貫通している。本体 221 は、この内側ヨーク 215 に沿って軸方向に移動可能である。

[0032] 図 5 はコイルが巻回されていない状態のコイル保持体 220 A を示す側面図、図 6 は同コイル保持体 220 A の平面図である。図示のようにコイル保持体 220 A の本体 221 の軸方向両端には、本体 221 の中心軸廻りに 1 周する凹部 227 および 228 が形成されている。この凹部 227 および 228 に図 2～図 4 のコイル 225' および 226' が巻回される。

[0033] コイル 225' および 226' において、外側ヨーク 211 に面した側には、外側ヨーク 211 に平行なコイル配線の束からなる平面部がある。また、コイル 225' および 226' において、外側ヨーク 212 に面した側にも、外側ヨーク 212 に平行なコイル配線の束からなる平面部がある。

[0034] 図 2～図 4 に示すように、アクチュエータ 200 A は、4 個の平板状の永久磁石 231～234 を有する。ここで、永久磁石 231 および 233 は、軸方向に間隔を空け、磁極面を内側ヨーク 215 に対向させて外側ヨーク 211 に固定されている。また、永久磁石 232 および 234 は、軸方向に間

隔を空け、磁極面を内側ヨーク 2 1 5 に対向させて外側ヨーク 2 1 2 に固定されている。

[0035] 図 3 および図 4 に示すように、永久磁石 2 3 1 および 2 3 3 の中心間の間隔、永久磁石 2 3 2 および 2 3 4 の中心間の間隔は、コイル 2 2 5' および 2 2 6' の中心間の間隔と等しい。また、永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 4 の軸方向の長さ  $L_1$  および磁極表面積は互いに等しく、コイル 2 2 5' および 2 2 6' の軸方向の長さ  $L_2$  および巻回数も互いに等しい。そして、本実施形態では、永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 4 の軸方向の長さ  $L_1$  は、コイル 2 2 5' および 2 2 6' の軸方向の長さ  $L_2$  よりも長い。

[0036] また、永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 4 の各磁極の関係は次のようになっている。図 3 において、永久磁石 2 3 1 は上が S 極、下が N 極、永久磁石 2 3 2 は、上が N 極、下が S 極である。また、永久磁石 2 3 3 は上が N 極、下が S 極、永久磁石 2 3 4 は、上が S 極、下が N 極である。このように本実施形態では、軸方向の位置が同じである永久磁石に着目した場合、内側ヨーク 2 1 5 の外側ヨーク 2 1 1 側と外側ヨーク 2 1 2 側とで永久磁石の磁極の向きが逆向きになっており、内側ヨーク 2 1 5 の一方の側（例えば外側ヨーク 2 1 1 側）に着目した場合、軸方向に隣り合う永久磁石の磁極の向きが逆向きになっている。このため、アクチュエータ 2 0 0 A では、次の 6 つの異なった磁路  $M_1 \sim M_6$  を各々通過する磁束流が発生する。

第 1 の磁路  $M_1$  : 永久磁石 2 3 1 → 内側ヨーク 2 1 5 → 外側ヨーク 2 1 3 a → 外側ヨーク 2 1 1 → 永久磁石 2 3 1 という磁路

第 2 の磁路  $M_2$  : 永久磁石 2 3 2 → 内側ヨーク 2 1 5 → 外側ヨーク 2 1 3 b → 外側ヨーク 2 1 2 → 永久磁石 2 3 2 という磁路

第 3 の磁路  $M_3$  : 永久磁石 2 3 1 → 内側ヨーク 2 1 5 → 永久磁石 2 3 3 → 外側ヨーク 2 1 1 → 永久磁石 2 3 1 という磁路

第 4 の磁路  $M_4$  : 永久磁石 2 3 2 → 内側ヨーク 2 1 5 → 永久磁石 2 3 4 → 外側ヨーク 2 1 1 → 永久磁石 2 3 2 という磁路

第 5 の磁路  $M_5$  : 永久磁石 2 3 3 → 外側ヨーク 2 1 1 → 外側ヨーク 2 1 4 a

→内側ヨーク 2 1 5 →永久磁石 2 3 3 という磁路

第 6 の磁路 M 6 : 永久磁石 2 3 4 →外側ヨーク 2 1 2 →外側ヨーク 2 1 4 b

→内側ヨーク 2 1 5 →永久磁石 2 3 4 という磁路

以上がアクチュエータ 2 0 0 A の構成である。

[0037] このアクチュエータ 2 0 0 A では、互いに逆向きの電流をコイル 2 2 5' および 2 2 6' に流すことにより、コイル保持体 2 2 0 A に軸方向の力を発生させ、コイル保持体 2 2 0 A を内側ヨーク 2 1 5 に沿って並進運動させることが可能である。コイル 2 2 5' および 2 2 6' に電流を流さない状態では、コイル 2 2 5' および 2 2 6' に駆動力は発生せず、脱力状態となる。

[0038] そして、このアクチュエータ 2 0 0 A によれば、平板状の永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 4 により、平板状の外側ヨーク 2 1 1 および 2 1 2 の各々と、平板状の内側ヨーク 2 1 5 との各間に、平等磁界が発生する。また、この磁界中に直方体形状のコイル 2 2 5' および 2 2 6' が配置されるため、軽量で高い駆動力の得られるアクチュエータ 2 0 0 A を実現することができる。

[0039] 仮に既存のスピーカ用のアクチュエータのようにコイル 2 2 5' および 2 2 6' を円筒形にしたとすると、それに合わせて、外側ヨーク、内側ヨークおよび永久磁石からなる磁気回路を円筒形状にする必要があり、そのためには重量の大きな磁性材料が必要になる。

[0040] しかしながら、このアクチュエータ 2 0 0 A では、上述のように直方体形状のコイル 2 2 5' および 2 2 6' を採用したため、磁気回路を構成する永久磁石 2 3 1 ~ 2 3 4、外側ヨーク 2 1 1 および 2 1 2、内側ヨーク 2 1 5 を全て平板状とすることができ、少ない磁性材料により軽量のアクチュエータ 2 0 0 A を実現することができる。

[0041] また、コイル 2 2 5' および 2 2 6' は、図 2 ~ 図 4 に示すように外側ヨーク 2 1 1 および 2 1 2 と対向する上下の平面部を有する扁平な直方体形状をなしている。このため、磁路 M 1 ~ M 6 を通過する磁束と直交し、駆動力の発生に寄与する平面部のコイル巻線の総巻線長が、平面部に垂直な側面部のコイル巻線の総巻線長よりも長く、高い駆動力を発生することができる。

[0042] また、このアクチュエータ 200A では、永久磁石 231～234 の軸方向の長さ  $L_1$  が、コイル 225' および 226' の軸方向の長さ  $L_2$  よりも長い。従って、コイル 225' (226') を軸方向に移動させた場合において、コイル 225' (226') と永久磁石 231、232 (233、234) との重複領域の面積が同一となる範囲において、コイル保持体 220A のコイルに流す電流とコイル保持体 220A に働く力との関係をリニアに保つことができる。

[0043] また、図 3 に示すように、アクチュエータ 200A の筐体部 210 を軸方向に 3 分割した各区間のうち図中左側の区間に磁路 M1 および M2 を、真中の区間に磁路 M3 および M4 を、右側の区間に磁路 M5 および M6 を生じさせるため、磁路 M1～M6 の各磁路長を短くすることができる。従って、各磁路 M1～M6 の磁気抵抗を下げるために各磁路 M1～M6 の断面積を大きくする必要がない。従って、この意味においても、磁性材料を少なくしてアクチュエータ 200A を軽量化することができる。

[0044] また、このアクチュエータ 200A では、軸方向に並んだ 2 個のコイル 225' および 226' によりコイル保持体 220A に対する駆動力を発生するので、高い駆動力を得ることができる。

[0045] 以上のように、軽量であり、かつ、高い駆動力が得られ、脱力の制御が可能なアクチュエータ 200A を実現することができる。従って、このアクチュエータ 200A により楽器演奏が可能なロボットを実現することができる。

以上が本実施形態におけるアクチュエータ 200A の構成である。

[0046] <<人間による楽器演奏のモデル>>

図 7 は人間による楽器演奏のモデルを示すブロック図である。図 7 に示すように、人間による楽器演奏では、意識的な動作のフィードバック制御 FB1 の他に、無意識的な動作のフィードバック制御 FB2 と、性質・個性を決定するフィードバック制御 FB3 が働く。

[0047] 無意識的な動作のフィードバック制御 FB2 には、例えばドラム演奏にお

いて、スティックを強振した後、力を抜いて、ドラム側からのリアクションに身体を委ねる圧力制御（脱力制御）がある。また、性質・個性を決定するフィードバック制御F B 3には、例えばドラム演奏において、筋肉の粘性により生じるスティックの制動がある。

[0048] 従来のアクチュエータシステムでは、フィードバック制御F B 1のみが実現されており、フィードバック制御F B 2およびF B 3が実現されていない。本実施形態では、アクチュエータシステムにおいて、フィードバック制御F B 1に加え、フィードバック制御F B 2およびF B 3を実現する。

[0049] <<本実施形態におけるアクチュエータシステムの概略>>

図8は、本実施形態におけるアクチュエータシステムの概略構成を示すブロック図である。

[0050] アクチュエータシステムは、アクチュエータ200Aと、本実施形態による駆動制御装置100とにより構成されている。図8に示すように、駆動制御装置100は、位置検出部1と、比較部2と、ループゲイン制御部3と、電圧リミタ4と、加算部5と、可変極性ゲイン増幅部6と、電流検出部7と、駆動部8とを有する。

[0051] 図8において、アクチュエータ200A、位置検出部1、比較部2、駆動部8を含むループは、アクチュエータ200Aの駆動対象である可動部の位置（本実施形態ではドラムスティック304の先端位置）を位置制御信号が示す位置に一致させる位置制御ループF B aを構成している。

[0052] この位置制御ループF B aにおいて、位置検出部1は、アクチュエータ200Aによって駆動される可動部の位置を検出し、検出結果を示す位置検出信号を生成する手段である。比較部2は、位置制御信号が示す位置と位置検出信号が示す位置の誤差を示す位置誤差信号を生成する手段である。この位置誤差信号は、ループゲイン制御部3および電圧リミタ4を介すことにより圧力指示信号となり、加算部5を介して駆動部8に供給される。駆動部8は、このようにして供給される圧力指示信号に応じてアクチュエータ200Aのコイルを駆動し、アクチュエータ200Aにより可動部を駆動する。この

ようにして可動部の位置を位置制御信号が示す位置に一致させる位置制御が行われる。

[0053] 以下、このアクチュエータシステムにおいて、上述した図7の無意識的な動作のフィードバック制御FB2と、性質・個性を決定するフィードバック制御FB3を如何にして実現するかについて説明する。

[0054] 上述した無意識的な動作のフィードバック制御FB2を実現するためには、アクチュエータシステムにおいて「脱力」の制御を実現する必要がある。しかしながら、アクチュエータ200Aに働く制動がこの「脱力」の制御を実現する邪魔になる。その理由は次の通りである。

[0055] 一般に動電型アクチュエータを駆動するリニアアンプもしくはPWMアンプは基本的に定電圧駆動を行うようになっている。このようなアンプにアクチュエータを接続すると、アンプからアクチュエータのコイルに電流が流れることにより、コイルにトルクが働いてコイルが移動し、これによりコイルに逆起電力が発生する。そして、逆起電力がコイルの駆動電圧を上回るとコイルに回生電流が流れ、コイルに電磁制動が掛かるのである。定電圧駆動においては、このような電磁制動が発生し易く、これが「脱力」を実現する上での障害となる。アクチュエータシステムにおいて、「脱力」を実現するためには、電磁制動力を全く発生させないでアクチュエータ200Aを駆動する必要がある。そのためには、アクチュエータ200Aを高インピーダンスで駆動（定電流駆動）する必要がある。

[0056] 一方、筋肉自体の粘性抵抗は、制動要素として働く。上述した図7の性質・個性を決定するフィードバック制御FB3を実現するためには、アクチュエータシステムにおいて、この制動要素を適切に働かせるためのアクチュエータ200Aの定電流駆動を行う必要がある。また、この制動要素は、常時機能している必要があり、他のコントロール要素の影響を受けるべきではない。そこで、制動要素を最も内側で高速な制御ループにより実現すべきである。

[0057] そこで、図8に示すアクチュエータシステムでは、アクチュエータ200

A、電流検出部 7、可変極性ゲイン増幅部 6、加算部 5 および駆動部 8 からなる制動力制御ループ F B b が設けられている。

[0058] ここで、電流検出部 7 は、アクチュエータ 200 A のコイルに流れる電流を検出し、電流検出信号として出力する。この電流検出信号は、可変極性ゲイン増幅部 6 を介して加算部 5 に供給される。加算部 5 では、電圧リミタ 4 が出力する圧力指示信号と可変極性ゲイン増幅部 6 を介して供給される電流検出信号との差分に相当する信号を出力する。駆動部 8 は、この加算部 5 の出力信号に応じてアクチュエータ 200 A のコイルを駆動する。このようなフィードバック制御により駆動部 8 によるアクチュエータ 200 A のコイルの定電流駆動が行われる。

[0059] 実際の筋肉の制動力は、想定する筋肉の個性や実際に物を動かした時に必要とされる動作安定性などに応じて変化させる必要がある。このような制動力の制御が制動力制御ループ F B b による定電流駆動の制御により実現される。

[0060] また、本実施形態では、電磁制動力を高くするために、負性インピーダンス駆動を採用している。具体的には、本実施形態では、可変極性ゲイン増幅部 6 が電流検出信号を増幅して出力する際のゲインと極性を制動力制御信号に応じて切り替える。これにより、制動力制御ループ F B b を電流負帰還回路または電流正帰還回路として動作させることが可能である。そして、制動力制御ループ F B b を電流正帰還回路として動作させた場合には、駆動部 8 の出力インピーダンスを負性インピーダンスとし、高い電磁制動力を得ることができる。

[0061] 次に、アクチュエータシステムにおいて、上述した図 7 の無意識的な動作のフィードバック制御 F B 2 を如何にして実現するかについて説明する。

[0062] フィードバック制御 F B 2 を実現するためには、筋肉の「脱力」と「硬直」の制御（「力み」の制御）を模擬する手段が必要である。ここで、筋肉をバネにより模擬した場合、筋肉の「脱力」と「硬直」は、バネ定数の変化と見なすことができる。

[0063] バネは、初期位置からの変位と力が比例するものである。よって、アクチュエータ 200A により駆動される可動部の位置と、位置制御信号が示す位置との誤差を位置誤差信号として検出する。そして、この位置誤差信号が示す変位（距離）に比例した圧力指示信号を加算部 5 にフィードバックすることで、アクチュエータ 200A をバネとして機能させることができる。そして、アクチュエータ 200A の駆動制御に対する位置誤差信号の関与の度合い、具体的にはアクチュエータ 200A の駆動制御へのフィードバック量を変化させれば、アクチュエータ 200A のバネ定数を変化させることができる。そこで、本実施形態では、位置誤差信号のフィードバック量を圧力制御信号に応じて変化させるループゲイン制御部 3 が設けられている。

[0064] さて、一般的なバネでは、変位が大きくなれば力（圧力）も比例して大きくなる。しかし、人間の筋肉は、変位が大きい場合は、一定の力で押すような動作になるため、力（圧力）を一定にする機能を併用する必要がある。

[0065] ここで、アクチュエータ 200A の発生する力（駆動力）は、アクチュエータ 200A のコイルに流れる電流を一定値にすることにより一定にすることができる。そこで、駆動部 8 に可変電流リミタ機能を設けることが考えられる。しかし、駆動部 8 に可変電流リミタ機能を設けると、アクチュエータ 200A の制動力の制御能力に支障を来す。

[0066] 一方、制動力制御ループ FBb に対する入力電圧（加算部 5 に対する入力電圧）は、アクチュエータ 200A に発生させる圧力を指示する圧力指示信号であり、ループゲイン制御部 3 を介して与えられる。そこで、図 8 に示すアクチュエータシステムでは、制動力の制御を活かしながら圧力一定を実現するために、アクチュエータ 200A の駆動制御に対する位置誤差信号の関与の限度を制御する手段、具体的には「力み」「圧力」を制御するループゲイン制御部 3 の出力電圧を制限する電圧リミタ 4 が設けられている。

以上が本実施形態によるアクチュエータの駆動制御装置 100 の概略である。

[0067] <<アクチュエータの駆動制御装置の具体的構成例>>

図9は本実施形態によるアクチュエータの駆動制御装置100の具体的構成例を示す回路図である。なお、図9では、アクチュエータシステムにおける駆動制御装置100の役割を分かりやすくするため、駆動制御装置100に加えてアクチュエータ200Aの構成が図示されている。

[0068] 図9に示す例では、光学式の位置検出部1が用いられている。アクチュエータ200Aにより駆動される可動部11には、光源12が固定されている。ここで、可動部11は、図2のコイル保持体220Aと、図1の連結棒299と、上腕部302と、ドラムスティック304とからなる。光源12は、この可動部11において直進運動をする部位、すなわち、コイル保持体220Aに固定されている。この光源12は、コイル保持体220Aの直進運動に伴って、受光素子13Aおよび13B間の経路に沿って移動するようになっている。具体的には、光源12は、図3～図6に示すコイル保持体220Aの本体221の軸方向中央付近に固定された2個のLEDにより構成されている。これらの2個のLEDのうちの一方は軸方向左側に向けて発光し、他方は軸方向右側に向けて発光する。光源12として、2個のLEDを使用するのは、軸方向両側に出射される光量を均等にするためである。受光素子13Aおよび13Bは、図3および図4に示す筐体部210の軸方向両端近傍に各々固定されている。これらの受光素子13Aおよび13Bは、受光量に応じて抵抗値が変化する素子であり、電源+B1の電圧を分圧する分圧回路13を構成している。

[0069] 位置検出部1は、受光素子13Aおよび13B間の経路上における光源12の位置を検出することにより、この光源12と連動するドラムスティック304の先端の位置を検出する。光源12が受光素子13Bから離れて受光素子13Aに近づくと、受光素子13Aの抵抗値が減少するとともに受光素子13Bの抵抗値が増加し、分圧回路13の出力電圧が上昇する。一方、光源12が受光素子13Aから離れて受光素子13Bに近づくと、受光素子13Bの抵抗値が減少するとともに受光素子13Aの抵抗値が増加し、分圧回路13の出力電圧が低下する。

[0070] このようにしてドラムスティック 304 の先端の位置に応じて増減する出力電圧が分圧回路 13 から得られる。可変ゲイン増幅器 14 は、分圧回路 13 の出力電圧を指定されたゲインで増幅し、ドラムスティック 304 の先端の位置を示す位置検出信号として出力する。

[0071] 図 10 には、可変ゲイン増幅器 14 の具体的構成例が示されている。この例において、可変ゲイン増幅器 14 は、オペアンプ 141 からなるボルテージフォロワと、非反転入力端子が接地されたオペアンプ 142 とを備える。また、可変ゲイン増幅器 14 は、オペアンプ 141 の出力端子に一端が接続された抵抗 143 と、オペアンプ 142 の出力端子と抵抗 143 の他端との間に直列接続された 7 個の抵抗 144 とをさらに備える。また、可変ゲイン増幅器 14 は、外部から与えられる位置検出ゲイン制御信号に従って 7 個の抵抗 144 の両端のいずれか一端を選択してオペアンプ 142 の反転入力端子に接続するスイッチ回路 145 とをさらに備える。位置検出信号は、この可変ゲイン増幅器 14 のオペアンプ 142 から比較部 2 に出力される。なお、7 個の抵抗 144 は、互いに抵抗値が等しくてもよく、異なってもよい。

[0072] この構成によれば、位置検出ゲイン制御信号に応じて、オペアンプ 141 の出力端子とオペアンプ 142 の反転入力端子との間の総抵抗値と、オペアンプ 142 の反転入力端子と出力端子との間の総抵抗値との比が切り替えられる。それにより、可変ゲイン増幅器 14 のゲインが切り替えられる。

[0073] 光学式の位置検出部 1 に代えて、図 11 に例示する機械式の位置検出部 1' を採用してもよい。この位置検出部 1' では、位置検出部 1 における光源 12、受光素子 13A および 13B が分圧回路として機能する摺動抵抗器 15 に置き換えられている。ここで、摺動抵抗器 15 の摺動子 15s は、アクチュエータ 200A により駆動される可動部 11 と連動して摺動抵抗器 15 を摺動する。そして、この摺動子 15s から得られる分圧回路の出力電圧が可変ゲイン増幅器 14 に入力される。可変ゲイン増幅器 14 の構成は図 10 のものと同様である。

- [0074] 図9において、比較部2は、抵抗21および22と、ゲイン+1を有するバッファ23とにより構成されており、位置制御信号が示す位置と位置検出信号が示す位置との誤差を示す位置誤差信号を生成する。
- [0075] ループゲイン制御部3は、図9に示す例では、非反転入力端子が接地されたオペアンプ31と、このオペアンプ31の反転入力端子および出力端子間に挿入されたゲイン切替部32とにより構成されている。この可変ゲイン増幅部3は、比較部2が出力する位置誤差信号を圧力制御信号に応じたゲインで増幅して出力する。
- [0076] 電圧リミタ4は、可変ゲイン増幅部3の出力信号を圧力制御信号に応じて定まる限界電圧以内に制限し、圧力指示信号として出力する。
- [0077] 加算部5は、抵抗51および52とゲインが+1であるバッファ53により構成されている。この加算部5は、電圧リミタ4の出力信号と可変極性ゲイン増幅部6の出力信号を加算して出力する。
- [0078] 駆動部8は、PWM部81と、ゲートドライバ82と、出力段部83とにより構成されている。
- [0079] PWM部81は、加算部5の出力信号によりパルス幅変調されたPWMパルス列を出力する。
- [0080] 出力段部83は、NチャネルのMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor ; 金属酸化膜半導体構造の電界効果トランジスタであり、以下、単にトランジスタという) 83Ha、83Hb、83La、83Lbにより構成されている。ここで、トランジスタ83Haおよび83Hbは各々のドレインが電源+BOに接続され、各々のソースがトランジスタ83Laおよび83Lbの各ドレインに各々接続されている。また、トランジスタ83Laおよび83Lbのソースは接地されている。そして、トランジスタ83Haのソースおよびトランジスタ83Laのドレインの接続ノードと、トランジスタ83Hbのソースおよびトランジスタ83Lbのドレインの接続ノードとの間には、アクチュエータ200Aのコイル225'、226'と電流検出抵抗71が直列接続されている。

- [0081] ゲートドライバ82は、例えばPWM部81の出力信号がLレベルである場合にトランジスタ83Haおよび83Lbの組がON、トランジスタ83Hbおよび83Laの組がOFFとなる、ゲートソース間電圧を各トランジスタに供給する回路である。また、この例のゲートドライバ82は、PWM部81の出力信号がHレベルである場合にトランジスタ83Haおよび83Lbの組がOFF、トランジスタ83Hbおよび83Laの組がONとなる、ゲートソース間電圧を各トランジスタに供給する。
- [0082] 電流検出部7は、電流検出抵抗71の両端の電圧を検出し、コイル225'、226'に流れる電流を示す電流検出信号を出力する回路である。
- [0083] 可変極性ゲイン増幅部6は、極性・ゲイン切替部61と、オペアンプ62と、オペアンプ62の出力端子および反転入力端子間に接続された抵抗63と、オペアンプ62の非反転入力端子および接地線間に接続された抵抗64とにより構成されている。この可変極性ゲイン増幅部6は、アクチュエータ200Aに発生させる制動力を制御する手段であり、制動力制御信号に応じたゲインおよび極性で電流検出信号を正相増幅または反転増幅し、オペアンプ62から加算部5に出力する。
- [0084] 図12は、駆動部8、電流検出部7および可変極性ゲイン増幅部6の詳細な構成を示す回路図である。
- [0085] 図12に示すように、電流検出部7は、抵抗701~706、キャパシタ711~716およびオペアンプ720により構成されている。ここで、抵抗701および702は、コイル225'および電流検出抵抗71間の接続ノードとオペアンプ720の反転入力端子との間に直列接続されている。また、抵抗703および704は、コイル226'および電流検出抵抗71間の接続ノードとオペアンプ720の非反転入力端子との間に直列接続されている。キャパシタ711は、抵抗701および電流検出抵抗71間の接続ノードと接地線との間に接続され、キャパシタ712は、抵抗701および702間の接続ノードと接地線との間に接続されている。また、キャパシタ713は、抵抗703および電流検出抵抗71間の接続ノードと接地線との間に接

続され、キャパシタ 714 は、抵抗 703 および 704 間の接続ノードと接地線との間に接続されている。抵抗 705 およびキャパシタ 715 は、オペアンプ 720 の出力端子および反転入力端子間に並列接続され、抵抗 706 およびキャパシタ 716 は、オペアンプ 720 の非反転入力端子および接地線間に並列接続されている。

[0086] この電流検出部 7 は、PWM 部 81 において PWM パルス列を生成するために用いられるキャリアの周波数成分を電流検出抵抗 71 の両端間の電圧から除去する。また、この電流検出部 7 は、残った低域成分を電流検出信号としてオペアンプ 720 から出力する。

[0087] 可変極性ゲイン増幅部 6 の極性・ゲイン切替部 61 は、オペアンプ 62 の反転入力端子および非反転入力端子間に直列接続された 7 個の抵抗 65 と、スイッチ回路 66 とにより構成されている。スイッチ回路 66 は、制動力制御信号に従って、オペアンプ 720 の出力端子をこれらの 7 個の抵抗 65 の各両端のいずれか一端に接続する。

[0088] この可変極性ゲイン増幅部 6 は、制動力制御信号に従って駆動部 8 の出力インピーダンスを制御し、アクチュエータ 200A において発生する制動力を制御する役割を果たす。以下、その詳細を説明する。

[0089] 図 13 および図 14 では、図 12 における電流検出部 7 および可変極性ゲイン増幅部 6 を合わせたものを、アンプ 10 として示している。図 13 に示すように、アンプ 10 のゲインが  $-\beta$  である場合、すなわち、アンプ 10 が電流検出抵抗 71 の両端間電圧を極性反転し、 $\beta$  倍にして出力する場合、図 12 に示す回路では、電流負帰還が行われ、アクチュエータ 200A のコイル 225'、226' の定電流駆動が行われる。

[0090] 一方、図 14 に示すようにアンプ 10 のゲインが  $\beta$  である場合、すなわち、アンプ 10 が電流検出抵抗 71 の両端間電圧を  $\beta$  倍に正相増幅する場合、図 12 に示す回路では、電流正帰還が行われ、駆動部 8 の出力インピーダンスが負性インピーダンスとなる。より詳しくは、駆動部 8 のゲインを  $A$  とし、電流検出抵抗 71 の抵抗値を  $R_s$  とすると、駆動部 8 の出力インピーダン

ス $Z_o$ は、次式により与えられる。

$$Z_o = (1 - A \cdot \beta) R_s \quad \dots\dots (1)$$

[0091] この駆動部8の出力インピーダンス $Z_o$ が負性インピーダンスである状態では、アクチュエータ200Aに制動力が発生する。

[0092] そこで、本実施形態では、可変極性ゲイン増幅部6が設けられる。これにより、加算部5、駆動部8、コイル225'および226'、電流検出部7、可変極性ゲイン増幅部6からなる電流制御のフィードバックループが、図13に示す状態と図14に示す状態との間で、制動力制御信号に従って連続的に切り替えられる。

[0093] 図15は本実施形態における制動力制御ループF B bの概略を示した回路図である。なお、図15では、電流検出部7の図示が省略されている。

[0094] 図15において、摺動抵抗器65Mは、図12における直列接続された7個の抵抗65である。本実施形態では、図12のスイッチ回路66が、電流検出信号の供給位置を制動力制御信号に従って切り替える。摺動抵抗器65Mにおいて、電流検出信号の供給位置がオペアンプ62の非反転入力端子側に移動すると、可変極性ゲイン増幅部6の正相増幅のゲインが増すので、制動力制御ループF B bでは正帰還制御が行われる。これに対し、電流検出信号の供給位置がオペアンプ62の反転入力端子側に移動すると、可変極性ゲイン増幅部6の反転増幅のゲインが増すので、制動力制御ループF B bでは負帰還制御が行われる。本実施形態では、正帰還制御のゲインおよび負帰還制御のゲインが制動力制御信号に従って連続的に制御される。従って、アクチュエータ200Aに発生させる制動力も連続的に制御可能である。

[0095] 具体的には、制動力制御信号の電圧値が0Vである場合、電流検出部7および可変極性ゲイン増幅部6を合わせたアンプ10のゲインが絶対値の大きな負のゲインとなり、制動力制御ループF B bでは負帰還制御が行われる。この場合、駆動部8の出力インピーダンス $Z_o$ は、絶対値の大きな正の値となり、駆動部8はアクチュエータ200Aのコイル225'および226'の定電流駆動を行う。このとき、アクチュエータ200Aに働く制動力は0と

なる。

[0096] 制動力制御信号の電圧値が0 Vから上昇してゆくと、アンプ10の負のゲインの絶対値が徐々に小さくなり、駆動部8の出力インピーダンス $Z_o$ が小さくなり、アクチュエータ200 Aでは制動力が発生し始める。そして、制動力制御信号の電圧値が制動力制御信号の可変範囲の中央付近になると、アンプ10のゲインが0となり、駆動部8の出力インピーダンス $Z_o$ もほぼ0となる。この状態では、駆動部8によりコイル225'および226'の定電圧駆動が行われ、アクチュエータ200 Aでは、アクチュエータ200 A自体の特性に基づく電磁制動が行われる。

[0097] さらに制動力制御信号の電圧値が上昇すると、アンプ10は、正相増幅を行うようになり、駆動部8の出力インピーダンス $Z_o$ は負のインピーダンスとなる。これによりアクチュエータ200 Aにおいて発生する制動力が増加する。

以上が本実施形態において行われる制動力の制御の詳細である。

[0098] 次に図9に示すループゲイン制御部3および電圧リミタ4について、さらに詳しく説明する。図16は電圧リミタ4の具体的構成例を示す回路図である。この電圧リミタ4は、オペアンプ41 a、41 b、41 c、41 dと、ゲイン+1を有するバッファ42と、抵抗43 a、43 b、43 c、43 d、44と、ダイオード45 a、45 bとを有する。

[0099] ここで、オペアンプ41 aはボルテージフォロアを構成しており、非反転入力端子に与えられる限界電圧 $+V_{LIM}$ と同じ電圧を出力する。この限界電圧 $+V_{LIM}$ は、圧力制御信号に基づいて決定されるようになっている。

[0100] オペアンプ41 aの反転入力端子および出力端子の接続ノードは、抵抗43 aを介してオペアンプ41 bの反転入力端子に接続されている。このオペアンプ41 bは、非反転入力端子が接地されており、反転入力端子と出力端子との間に抵抗43 bが接続されている。ここで、抵抗43 aおよび43 bの抵抗値は等しい。従って、オペアンプ41 bは、オペアンプ41 aが出力する限界電圧 $+V_{LIM}$ の極性を反転させた限界電圧 $-V_{LIM}$ を出力する

- 。
- [0101] オペアンプ4 1 aが出力する限界電圧 $+V_{LIM}$ は、オペアンプ4 1 cの非反転入力端子に供給される。このオペアンプ4 1 cの反転入力端子にはダイオード4 5 aのアノードが接続され、出力端子にはダイオード4 5 aのカソードが接続されている。
- [0102] オペアンプ4 1 bが出力する限界電圧 $-V_{LIM}$ は、オペアンプ4 1 dの非反転入力端子に供給される。このオペアンプ4 1 dの反転入力端子にはダイオード4 5 bのカソードが接続され、出力端子にはダイオード4 5 bのアノードが接続されている。
- [0103] 抵抗4 4は、図9のループゲイン制御部3のオペアンプ3 1の出力端子とバッファ4 2の入力端子との間に接続されている。抵抗4 3 cは、ダイオード4 5 aのアノードとバッファ4 2の入力端子との間に接続されている。抵抗4 3 dは、ダイオード4 5 bのカソードとバッファ4 2の入力端子との間に接続されている。ここで、抵抗4 3 cおよび4 3 dは同じ抵抗値を有している。また、抵抗4 3 cおよび4 3 dの抵抗値は抵抗4 4の抵抗値に比べて十分に低い。
- [0104] 以上の構成において、ループゲイン制御部3の出力信号の電圧値が限界電圧 $+V_{LIM}$ と限界電圧 $-V_{LIM}$ の間の範囲内にある場合、ダイオード4 5 aおよび4 5 bはOFFとなる。また、この場合、電圧リミタ4による電圧の制限は働かず、ループゲイン制御部3の出力信号はそのままの電圧値でバッファ4 2から出力される。
- [0105] ループゲイン制御部3の出力信号の電圧値が限界電圧 $+V_{LIM}$ よりも高いと、ダイオード4 5 aがONとなり、抵抗4 4、4 3 cおよびダイオード4 5 aを介してオペアンプ4 1 cの出力端子に電流が流れ込む。このときオペアンプ4 1 cは、出力信号のレベルを、限界電圧 $+V_{LIM}$ よりもダイオード4 5 aの順方向電圧だけ低いレベルとし、反転入力端子の電圧を、非反転入力端子に与えられる限界電圧 $+V_{LIM}$ に一致させる。このため、ループゲイン制御部3の出力信号と限界電圧 $+V_{LIM}$ とを、抵抗4 4および4

3 c の各抵抗値に基づく重み係数により重み付け加算した電圧が、バッファ 4 2 に供給される。ここで、抵抗 4 3 c の抵抗値は抵抗 4 4 の抵抗値よりも十分に低いので、限界電圧 +  $V_{LIM}$  に対する重み係数は、ループゲイン制御部 3 の出力信号に対する重み係数よりも十分に大きい。従って、バッファ 4 2 に供給される電圧は、限界電圧 +  $V_{LIM}$  にほぼ一致した電圧値となる。

[0106] 一方、ループゲイン制御部 3 の出力信号の電圧値が限界電圧 -  $V_{LIM}$  よりも低いと、ダイオード 4 5 b が ON となり、ダイオード 4 5 b、抵抗 4 3 d および 4 4 を介してオペアンプ 4 1 d の出力端子から電流が流出する。この場合の動作は、ループゲイン制御部 3 の出力信号の電圧値が限界電圧 +  $V_{LIM}$  よりも高い場合の動作と同様であり、バッファ 4 2 に供給される電圧は、限界電圧 -  $V_{LIM}$  にほぼ一致した電圧値となる。

以上が電圧リミタ 4 の詳細である。

[0107] 図 1 7 は、ループゲイン制御部 3 の伝達特性と、ループゲイン制御部 3 および電圧リミタ 4 を合わせた回路の伝達特性を示す図である。図 1 7 において、横軸は位置誤差信号が示す位置誤差であり、縦軸はループゲイン制御部 3 または電圧リミタ 4 の出力信号が示す圧力値である。

[0108] 本実施形態では、位置誤差信号に対するループゲイン制御部 3 の出力信号のゲインと、電圧リミタ 4 に与える限界電圧 +  $V_{LIM}$  を圧力制御信号に応じて変化させる。具体的には、圧力制御信号の信号値が高くなる程、位置誤差信号に対するループゲイン制御部 3 の出力信号のゲインを増加させ、これに連動して電圧リミタ 4 に与える限界電圧 +  $V_{LIM}$  を増加させる。

[0109] 図 1 7 において、P 1 ~ P 3 は、圧力制御信号を各種変化させた場合のループゲイン制御部 3 の出力信号を示している。この例において、圧力制御信号の信号値は、P 1、P 2、P 3 の順に高くなっている。

[0110] 図 1 7 において、P m 1 ~ P m 3 は、信号 P 1 ~ P 3 に各々対応した電圧リミタ 4 の出力信号を示している。図 1 7 に示すように、電圧リミタ 4 の出力信号 P m 1 ~ P m 3 は、位置誤差の変化に対し、信号 P 1 ~ P 3 と連動し

て各々立ち上がり、各々の飽和電圧に近づくに従って勾配が緩やかになって飽和する。この信号 $P_{m1} \sim P_{m3}$ の飽和電圧は、電圧リミタ4に与えられる限界電圧 $+V_{LIM}$ に依存する。本実施形態では、図17に示すように、ループゲイン制御部3のゲイン（直線 $P1 \sim P3$ の勾配）が高くなるに従って、限界電圧 $+V_{LIM}$ も高くなり、信号 $P_{m1} \sim P_{m3}$ の飽和電圧も高くなる。

[0111] 以上説明したループゲイン制御部3および電圧リミタ4は、アクチュエータ200Aの駆動制御に対する位置誤差信号の関与を制御して、筋肉の「脱力」と「硬直」を模擬する圧力制御手段を構成している。上述したように、筋肉をバネにより模擬した場合、筋肉の「脱力」と「硬直」はバネ定数の変化と見なすことができる。そこで、本実施形態では、図17に示すように、アクチュエータ200Aに発生させる圧力を指示する圧力指示信号 $P_{m1} \sim P_{m3}$ の位置誤差信号に対するゲイン（バネ定数＝信号 $P_{m1} \sim P_{m3}$ の勾配）を、圧力制御信号に従って変化させる（すなわち、アクチュエータ200Aの駆動制御への位置誤差信号の関与の態様を変化させる）。これにより、筋肉の「脱力」と「硬直」に相当するものがアクチュエータシステムにおいて実現される。

[0112] ここで、一般的なバネは、変位が大きくなれば力（圧力）も比例して大きくなるが、人間の筋肉は、変位が大きい場合は一定の力で押すような動作になる。そこで、本実施形態では、ループゲイン制御部3の出力信号 $P1 \sim P3$ の信号値（圧力）を電圧リミタ4が圧力制御信号に従って制限し（すなわち、アクチュエータ200Aの駆動制御への位置誤差信号の関与を制限し）、圧力指示信号 $P_{m1} \sim P_{m3}$ として出力する。

[0113] このようにすることで、制動力制御ループ $FBb$ における制動力制御を活かしながら、位置誤差信号が高い領域において電圧リミタ4を介して加算部5に入力される圧力指示信号の信号値を一定値（限界電圧 $+V_{LIM}$ ）に制限することが可能になる。

[0114] <<動作例>>

図 1 8 は本実施形態の第 1 の動作例を示すタイムチャートである。この図 1 8 において、横軸は時間軸、縦軸は各種の信号の信号値である。後に参照する図 1 9 も同様である。

[0115] この第 1 の動作例では、アクチュエータ 2 0 0 A の設けられたロボットアーム 3 0 0 に、ドラム演奏の一形態であるシングルストロークを行わせる。図 1 8 には、このシングルストロークをロボットアーム 3 0 0 に行わせるために駆動制御装置 1 0 0 に供給される位置制御信号、圧力制御信号および制動力制御信号の各波形が示されている。この位置制御信号、圧力制御信号および制動力制御信号は、駆動制御装置 1 0 0 の上位装置であるホストコンピュータ 5 0 0 により生成される。

[0116] 図 1 8 において、位置制御信号は、ドラムスティックの先端の目標位置を指示する信号である。この位置制御信号により、ドラムスティックの動作範囲や振り下げ速度が決定される。第 1 の動作例では、時刻  $t_{11}$  において、位置制御信号が初期位置に対応した信号値から、ヘッド位置よりもやや低い位置に対応した信号値に向けて、ある時間勾配で低下し始める。位置制御信号をヘッド位置よりもやや低い位置に対応した信号値まで変化させるのは、ドラムの位置が多少ずれても確実にドラムスティックの先端がヘッド（皮）に当たるようにするためである。

[0117] 時刻  $t_{11}$  では、圧力制御信号は、所望の打撃速度に基づいて決定された電圧値  $V_{Pa}$  を維持している。制動力制御信号は、制動力が殆ど働かない状態にするための電圧値  $V_{Ba}$  を維持している。この状態では、位置制御信号が示す位置と位置検出信号が示すドラムスティック 3 0 4 の先端位置（図 9 における可動部 1 1 の位置）との位置誤差をなくす位置制御が、位置制御ループ  $F_{Ba}$  において行われる。この場合、圧力制御信号が電圧値  $V_{Pa}$  を有するので、位置誤差信号は、電圧値  $V_{Pa}$  に対応した高めのゲインで増幅され、電圧リミタ 4 から圧力指示信号として加算部 5 に供給される。また、制動力制御信号が電圧値  $V_{Ba}$  を有するので、制動力制御ループ  $F_{Bb}$  では、負帰還制御が行われ、電圧リミタ 4 が出力する圧力指示信号に対応した定電

流がアクチュエータ 200A に供給される。この結果、アクチュエータ 200A が発生する圧力によりロボットアーム 300 の駆動が行われ、ドラムスティック 304 の先端が位置制御信号に追従してヘッド位置に向けて移動する。

[0118] ドラムスティック 304 の先端がヘッド位置に到達する時刻  $t_{13}$  のやや前の時刻  $t_{12}$  になると、圧力制御信号が緩やかに低下し始める。この結果、位置誤差信号を増幅するゲインが緩やかに低下し、また、電圧リミタ 4 における限界電圧  $+V_{LIM}$  も徐々に低下し、加算部 5 に供給される圧力指示信号が徐々に弱まって行く。すなわち、アクチュエータ 200A の駆動制御に対する位置誤差信号の関与の程度が弱まって行く。このため、アクチュエータ 200A が発生する圧力も徐々に弱まって行く。

[0119] そして、位置制御信号が示すドラムスティック 304 の先端位置がヘッド位置に一致する時刻  $t_{13}$  になると、圧力制御信号が 0 となり、これ以降の所定時間、圧力制御信号は 0 を維持する。

[0120] この圧力制御信号が 0 である期間は、ループゲイン制御部 3 のゲインが 0 とされ、加算部 5 へ供給される圧力指示信号が 0 となる。この場合、制動力制御信号が電圧値  $V_{Ba}$  を有するため、制動力制御ループ  $FB_b$  では、アクチュエータ 200A に流れる電流を 0 にする負帰還制御が働き、アクチュエータ 200A の定電流駆動が行われる。この結果、アクチュエータ 200A は、完全な「脱力」状態となる。

[0121] 圧力制御信号が 0 を維持する期間内に、位置制御信号の信号値はヘッド位置のやや下の最低位置に対応した信号値となり、その後、上昇する。しかし、この間、圧力指示信号が 0 であるため、アクチュエータ 200A は「脱力状態」となり、ドラムスティックの先端は位置制御信号に従わない。ロボットアーム 300 の下腕部 302 およびドラムスティック 304 は、アクチュエータ 200A からの束縛のない自由な状態で、慣性により移動し、ドラムスティック 304 の先端をヘッド面に衝突させる。その後、ヘッド面からのリアクションによりドラムスティック 304 の先端がヘッド位置から浮く。

図 1 8 にはこのドラムスティックの先端の挙動が破線で示されている。

[0122] そして、位置制御信号が示す位置は、時刻  $t_{13}$  においてヘッド位置を下回った後、ヘッド位置からやや下の位置において上昇に転じ、時刻  $t_{14}$  においてヘッド位置を上回り、その後、最大位置に達する。

[0123] ここで、時刻  $t_{13}$  から時刻  $t_{14}$  までの期間、制動力制御信号の電圧値は  $V_{Bb}$  とされる。この電圧値  $V_{Bb}$  は、ドラムスティック 304 による打撃音についての音質的な好みとドラムスティック 304 の跳ね具合による誤動作を考慮して設定される。

[0124] そして、時刻  $t_{14}$  において、制動力制御信号は、電圧値  $V_{Bb}$  から上昇し始め、その後、制動力制御信号の電圧値は  $V_{Bb}$  よりも大きい  $V_{Bc}$  となる。また、時刻  $t_{14}$  のやや後の時刻  $t_{15}$  において、圧力制御信号は立ち上がり、その後、圧力制御信号の電圧値は  $V_{Pa}$  より高い  $V_{Pb}$  となる。

[0125] そして、時刻  $t_{11}$  以降、位置制御信号は、時刻  $t_{13}$  と時刻  $t_{14}$  との間において極小値となり、その後、上昇し、極大値に達する。この間、圧力制御信号の電圧値が  $V_{Pb}$  であるため、位置誤差信号は電圧値  $V_{Pb}$  に対応した高いゲインで増幅され、位置指示信号として制動力制御ループ  $FBb$  に与えられる。このため、圧力指示信号に基づくアクチュエータ 200A の定電流駆動が行われ、ドラムスティック 304 の先端は位置制御信号に追従して極大値に対応した位置まで持ち上がる。このとき、制動力制御ループ  $FBb$  には、電圧値  $V_{Bb}$  よりも大きな電圧値  $V_{Bc}$  を有する制動力制御信号が与えられるため、アクチュエータ 200A に時刻  $t_{13}$  および  $t_{14}$  間よりも大きな制動力が発生する。これは、位置制御信号が極大値に向かう過程では、ドラムスティック 304 の先端をヘッド位置から高い位置まで急速に戻すため、ドラムスティック 304 の跳ね返りに抗する制動力を発生して、ドラムスティック 304 を停止させる必要があるからである。

[0126] その後、位置制御信号が示すドラムスティック 304 の先端位置は、ヘッド位置のやや下の位置に向けて移動する。以降の動作は上述と同様である。

[0127] 図 1 9 は本実施形態の第 2 の動作例を示すタイムチャートである。この第

2の動作例では、アクチュエータ200Aの設けられたロボットアーム300に、ドラム演奏の他の一形態であるロールを行わせる。

[0128] この動作例において、位置制御信号が示すドラムスティック304の先端位置は、極大値から低下し、時刻 $t_{21}$ においてヘッド位置を下回り、以後、所定時間、ヘッド位置のやや下の位置を維持する。

[0129] 時刻 $t_{21}$ 以降の所定時間長の期間、圧力制御信号は、それ以前の電圧値 $V_{Pd}$ よりも低い電圧値 $V_{Pe}$ となる。上述したシングルストロークの場合は、同じ状況において圧力制御信号を0とした。これに対し、ロールの場合には、圧力制御信号の電圧値を $V_{Pe}$ とする。また、ロールの場合、時刻 $t_{21}$ 以降の所定時間長の期間、制動力制御信号を0とし、制動力制御ループFBbにおいて負帰還制御を行わせ、制動力を0にする。

[0130] このようにすると、ドラムスティック304の先端がヘッド面に当たった後も、圧力制御信号の電圧値 $V_{Pe}$ に応じたゲインで位置誤差信号が増幅され、圧力指示信号として定電流フィードバック制御ループFBbに与えられる。この結果、図19に破線で示すように、ドラムスティック304の先端は、ヘッド面から跳ね返った後、圧力指示信号の作用により、位置制御信号が示す位置に戻るという挙動を繰り返す。このようにしてアクチュエータシステムによりロールの動作が実現される。

[0131] 以上のように、本実施形態によれば、位置誤差信号の位置制御ループFBaにおいて行われるアクチュエータ200Aの駆動制御において、位置誤差信号のアクチュエータ200Aの駆動制御への関与の制御が行われる。具体的には、位置誤差信号に適用されるゲインおよび電圧制限の圧力制御信号に基づく制御が行われる。その結果、アクチュエータ200Aの脱力制御を行うことができる。また、制動力制御信号に応じて、制動力制御ループFBbにおいて位置検出信号に適用されるゲインおよび極性が制御され、駆動部8の出力インピーダンス $Z_o$ が制御される。その結果、アクチュエータ200Aに発生する制動力を自在に制御することができる。従って、本実施形態によれば、上述した無意識的な動作のフィードバック制御FB2と、性質・個

性を決定するフィードバック制御FB3とをアクチュエータ200Aの制御においても実現し、人間が行うのと同様な楽器演奏をロボットに行わせることができる。

[0132] <第2実施形態>

上記第1実施形態では、アクチュエータの駆動制御装置をアナログ回路により実現した。しかし、上記第1実施形態による駆動制御装置の一部あるいは殆どの部分をデジタル回路やDSP (Digital Signal Processor ; デジタル信号処理装置) 等のプロセッサによって実現することも可能である。

[0133] 図20はこの発明の第2実施形態による駆動制御装置100Bの構成を示すブロック図である。なお、この図20において、前掲図9に示された要素と対応する要素には共通の符号を使用し、その説明を省略する。

[0134] この駆動制御装置100Bでは、電流検出部7から出力されるアナログ形式の電流検出信号がAD変換器1001によってデジタル形式の電流検出信号に変換され、制御コア1000に供給される。また、この駆動制御装置100Bでは、位置検出部1から出力されるアナログ形式の位置検出信号がAD変換器1002によってデジタル形式の位置検出信号に変換され、制御コア1000に供給される。

[0135] 制御コア1000は、デジタル信号処理回路あるいはDSPにより構成されている。この制御コア1000は、上記第1実施形態における比較部2、ループゲイン制御部3、電圧リミタ4、加算部5、可変極性ゲイン増幅部6およびPWM部81が行うアナログ処理と等価なデジタル処理を実行する比較部2D、ループゲイン制御部3D、リミタ4D、加算部5D、可変極性ゲイン増幅部6DおよびPWM部81Dを含む。

[0136] この駆動制御装置100Bでは、PWM部81Dがデジタル信号処理により生成したPWMパルス列が制御コア1000外部のゲートドライバ82に供給される。

本実施形態においても、上記第1実施形態と同様な効果が得られる。

[0137] <他の実施形態>

以上、この発明の第1および第2実施形態について説明したが、この発明には他にも実施形態が考えられる。例えば次の通りである。

[0138] (1) 上記第1実施形態の制動力制御ループF B bでは、コイル225'および226'に流れる電流（あるいはコイル225'および226'に発生するトルク）の帰還制御を行ったが、アクチュエータ200Aにより駆動される可動部11（より具体的にはドラムスティック304の先端）の速度の帰還制御を行うようにしてもよい。具体的には、アクチュエータ200Aにより駆動される可動部11（より具体的にはコイル保持体220A）に速度検出コイルを付け、この速度検出コイルの出力電圧の帰還制御を行う。その際に帰還量のゲインおよび極性を制動力制御信号により制御する。あるいは上記第1実施形態において、位置検出信号を微分回路により速度信号に変換し、この速度信号の帰還制御を制動力制御ループF B bにおいて行うようにしてもよい。あるいは、アクチュエータ200Aにより駆動される可動部11（より具体的にはコイル保持体220A）に加速度ピックアップを付け、この加速度ピックアップの出力信号を積分回路により速度信号に変換し、この速度信号の帰還制御を制動力制御ループF B bにおいて行うようにしてもよい。上記第2実施形態についても同様である。

[0139] (2) 上記第1実施形態では、アクチュエータ200Aにおいて、永久磁石231～234の軸方向の長さL1を、コイル225'および226'の軸方向の長さL2よりも長くした。しかし、逆に、コイル225'および226'の軸方向の長さL2を、永久磁石231～234の軸方向の長さL1よりも長くしてもよい。

[0140] (3) 上記各実施形態では、この発明を楽器演奏に適用したが、この発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。例えば、この発明による駆動制御装置を肩たたき用ロボット等のアクチュエータに適用してもよい。

[0141] <特徴>

以上の実施形態によれば、アクチュエータの駆動制御において脱力の制御を可能にすることができる。また、圧力制御信号に応じて位置誤差信号のA

クチュエータの圧力の制御への関与を制御することができる。従って、圧力制御信号により、位置誤差信号のアクチュエータの圧力の制御への関与を弱めることで、位置誤差信号に基づくアクチュエータの圧力の制御の働きを弱め、脱力状態を実現することができる。

## 符号の説明

[0142] 300……ロボットアーム、301……上腕部、302……下腕部、303……関節、304……ドラムスティック、200A……アクチュエータ、299……連結棒、210……筐体部、211, 212, 213a, 213b, 214a, 214b……外側ヨーク、215……内側ヨーク、220A……コイル保持体、225', 226'……コイル、222a', 222b'……棒部、223……橋絡部、227, 228……凹部、231, 232, 233, 234……永久磁石、400……身体、FB1……意識的な動作のフィードバック制御、FB2……無意識的な動作のフィードバック制御、FB3……性質・個性を決定するフィードバック制御、FBa……位置制御ループ、FBb……制動力制御ループ、1……位置検出部、11……可動部、2, 2D……比較部、3, 3D……ループゲイン制御部、4……電圧リミタ、4D……リミタ、5, 5D……加算部、6, 6D……可変極性ゲイン増幅部、7……電流検出部、8……駆動部、12……光源、13A, 13B……受光素子、14, 23, 53, 42……バッファ、10……アンプ、32……ゲイン切替部、81, 81D……PWM部、82……ゲートドライバ、83……出力段部、83Ha, 83Hb, 83La, 83Lb……Nチャネルトランジスタ、62, 141, 142, 720, 41a, 41b, 41c, 41d……オペアンプ、143, 144, 63, 64, 65, 701~706, 43a, 43b, 43c, 43d……抵抗、711~716……キャパシタ、14……可変ゲイン増幅部、15……摺動抵抗、45a, 45b……ダイオード、1001, 1002……AD変換器、500……ホストコンピュータ。

## 請求の範囲

- [請求項1] 駆動制御信号に応じて、アクチュエータの駆動制御を行う駆動制御手段と、
- 圧力制御信号に応じて、前記アクチュエータが発生する圧力の制御への前記駆動制御信号の関与を制御する圧力制御手段と
- を具備する、アクチュエータの駆動制御装置。
- [請求項2] 前記駆動制御信号は、前記アクチュエータにより駆動される可動部の位置を示す位置検出信号と、前記可動部の位置を指示する位置制御信号との位置誤差を示す位置誤差信号である、請求項1に記載の駆動制御装置。
- [請求項3] 制動力制御信号に応じて、前記圧力に対する制動力を制御する制動力制御手段、
- をさらに具備する、請求項1又は2に記載の駆動制御装置。
- [請求項4] 制動力制御信号に応じて、前記アクチュエータの駆動制御のための駆動部の出力インピーダンスを制御する制動力制御手段、
- をさらに具備する、請求項1又は2に記載の駆動制御装置。
- [請求項5] 前記制動力制御手段は、前記アクチュエータの駆動電流の帰還制御を行うことにより圧力指示信号に応じた駆動電流を前記駆動部に出力させる制御および前記駆動部の出力インピーダンスの制御を行う制動力制御ループを含み、
- 前記圧力制御手段は、前記駆動制御信号に前記圧力制御信号に基づく信号処理を施すことにより前記圧力指示信号を生成する、請求項4に記載の駆動制御装置。
- [請求項6] 前記制動力制御手段は、前記制動力制御信号に応じて、前記制動力制御ループのゲインおよび帰還量の極性を制御する、請求項5に記載の駆動制御装置。
- [請求項7] 前記圧力制御手段は、前記圧力指示信号を前記圧力制御信号により定まる限界以内に制限する、請求項5または6に記載の駆動制御装置

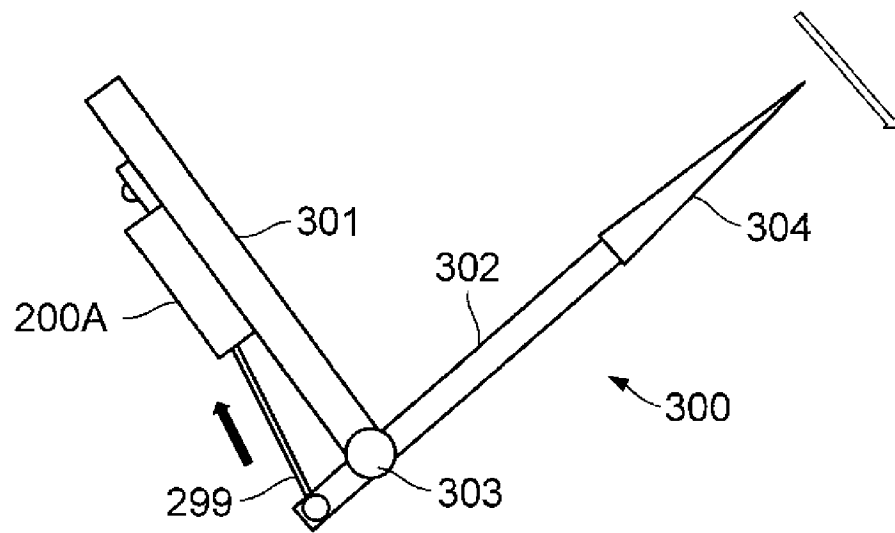
。

[請求項8] 前記圧力制御手段は、前記駆動制御信号に対する前記圧力指示信号のゲインを前記圧力制御信号に基づいて制御する、請求項5から7のいずれか1の請求項に記載の駆動制御装置。

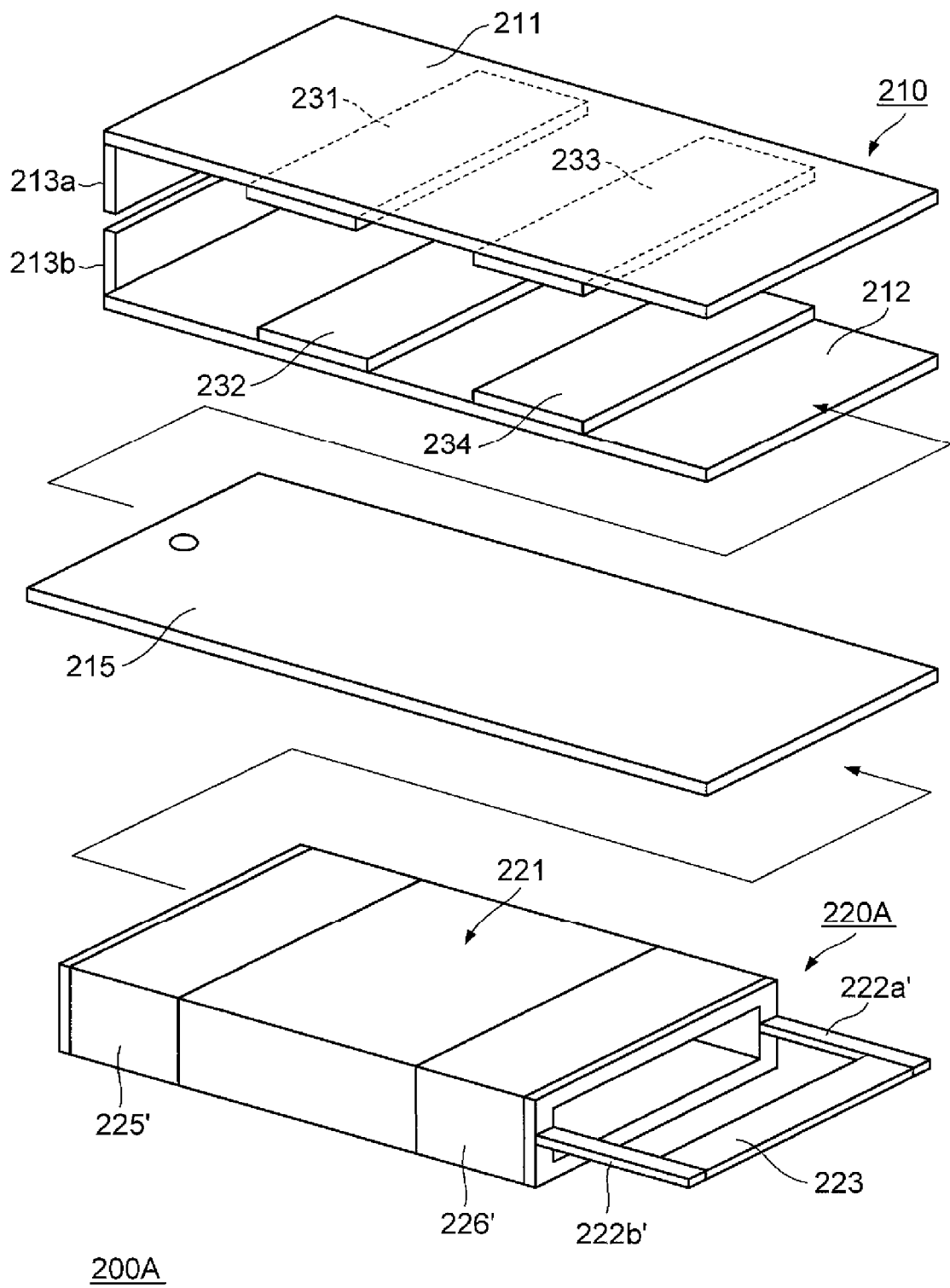
[請求項9] 請求項1から8のいずれかに記載の駆動制御装置と、  
前記駆動制御装置に前記駆動制御信号及び前記圧力制御信号を供給するホストコンピュータと  
を具備する、駆動制御システム。

[請求項10] 可動部と、  
前記可動部を駆動制御するアクチュエータと、  
請求項1から9のいずれかに記載の駆動制御装置と、  
を具備する、駆動制御システム。

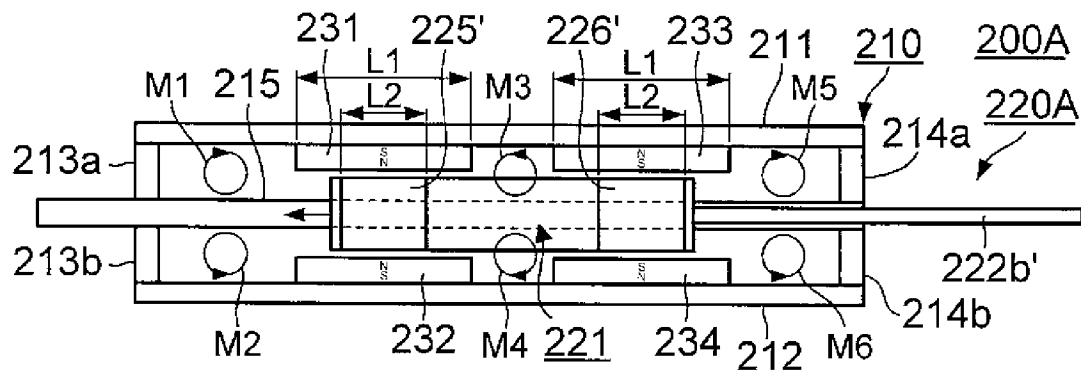
[図1]



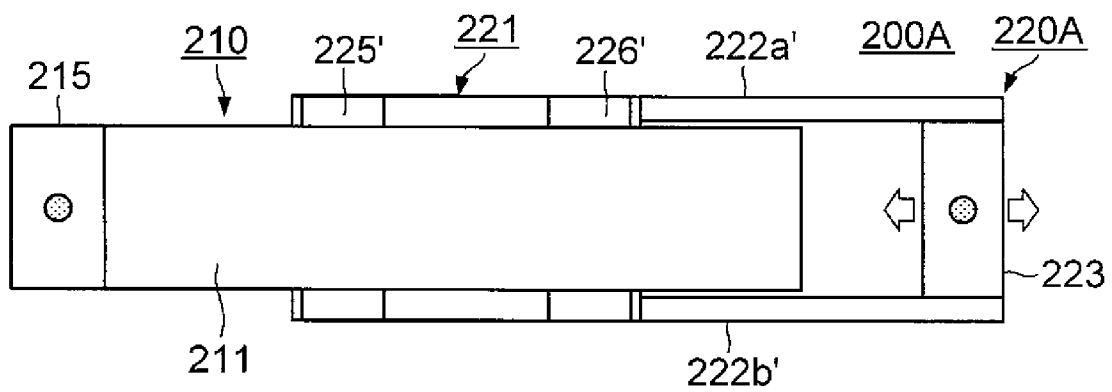
[図2]



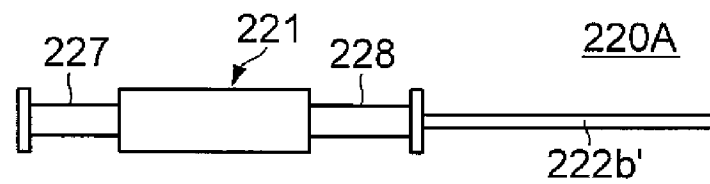
[図3]



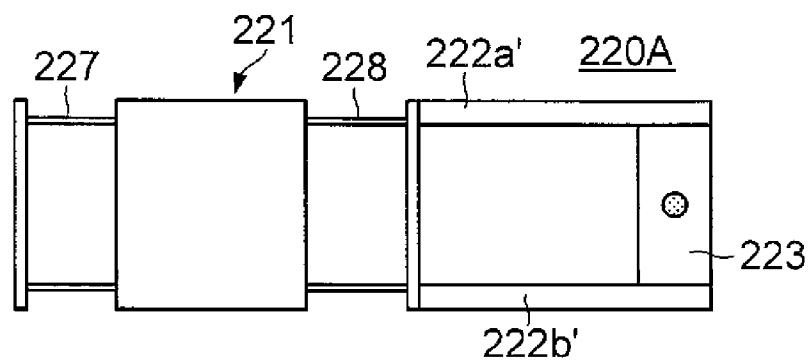
[図4]



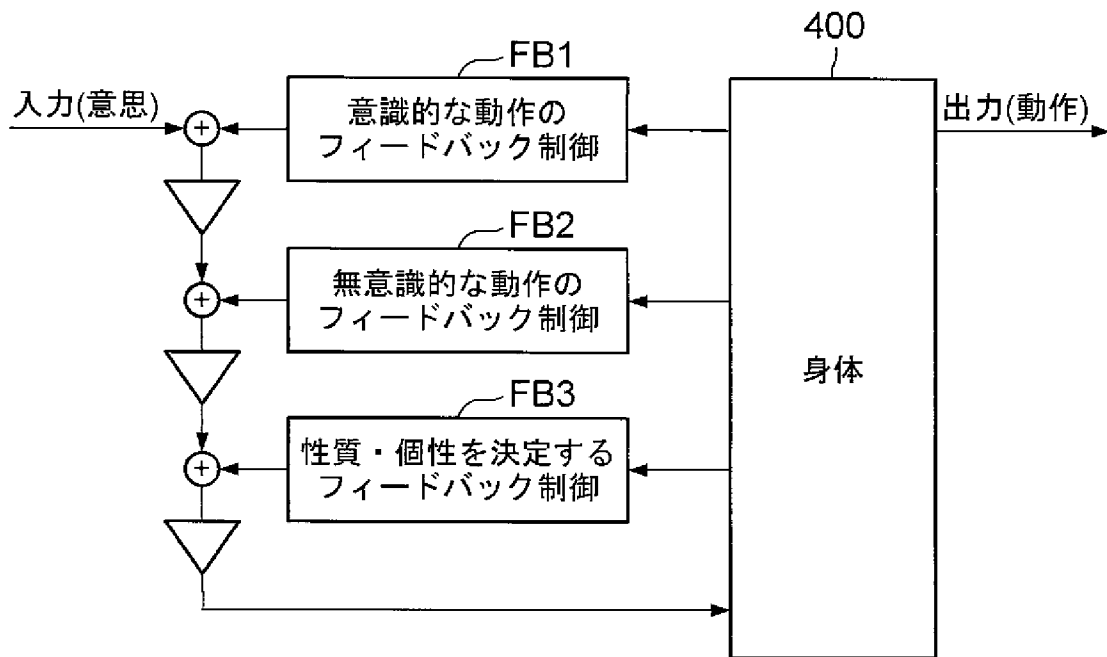
[図5]



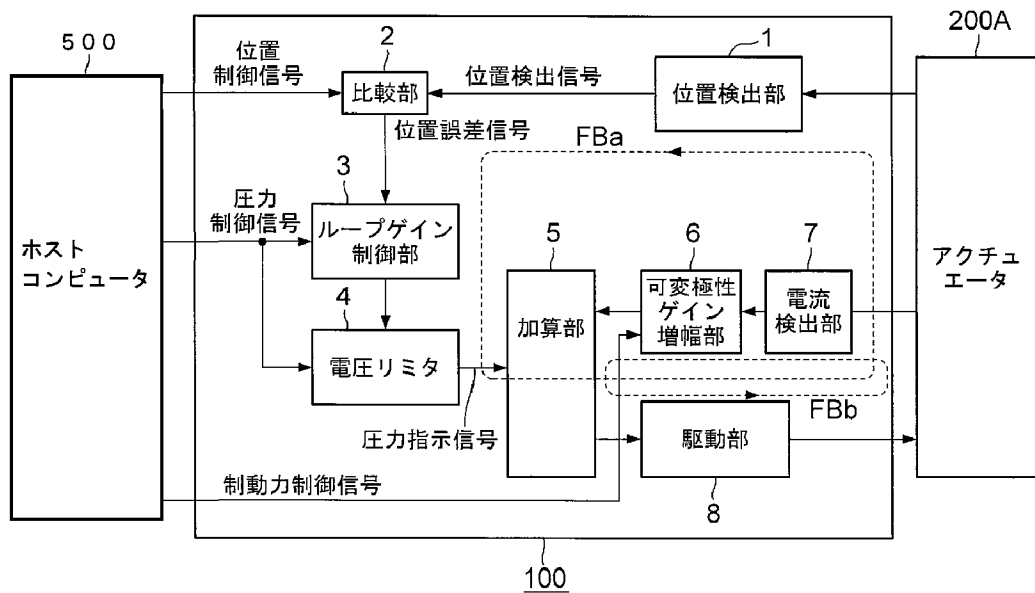
[図6]



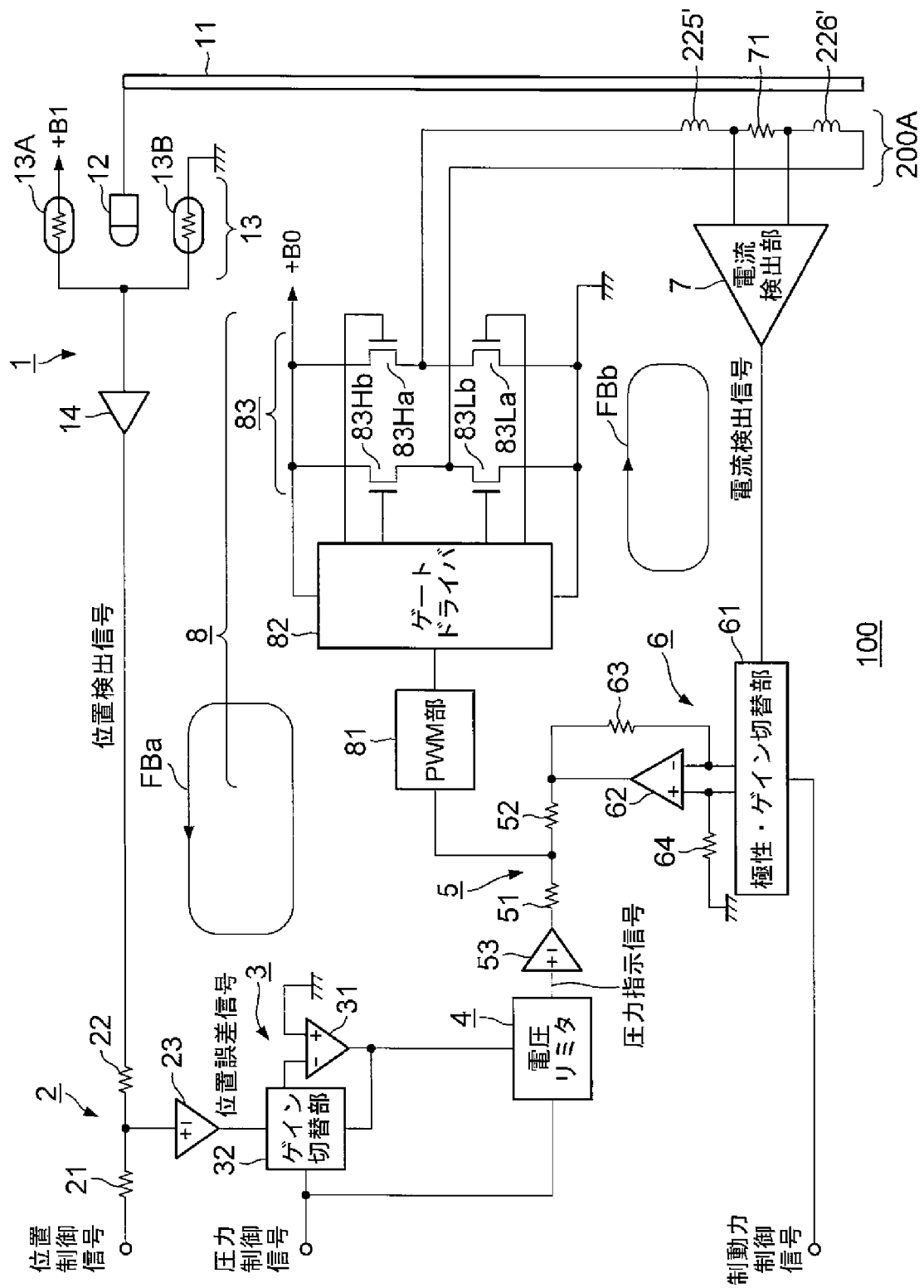
[図7]



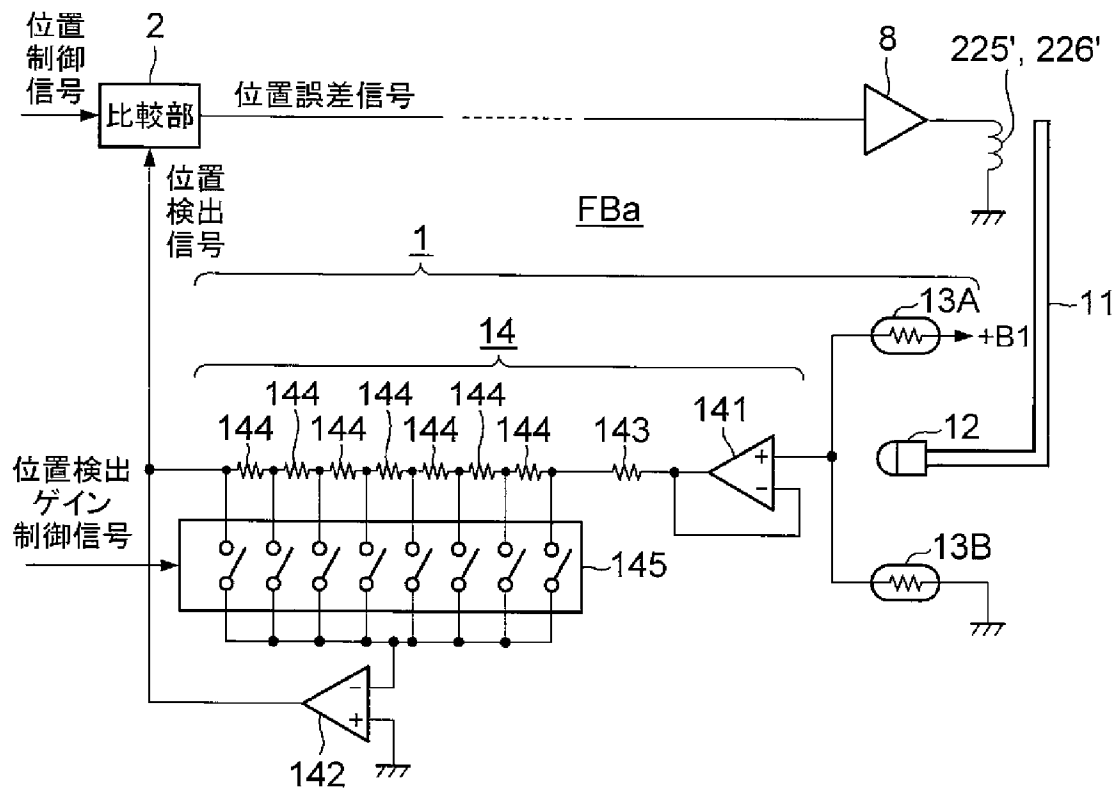
[図8]



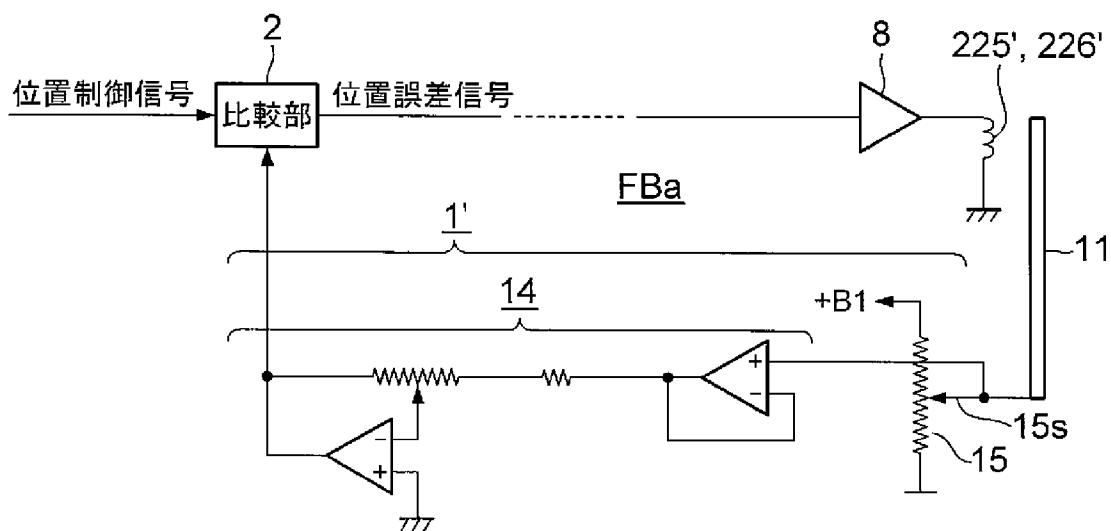
[図9]



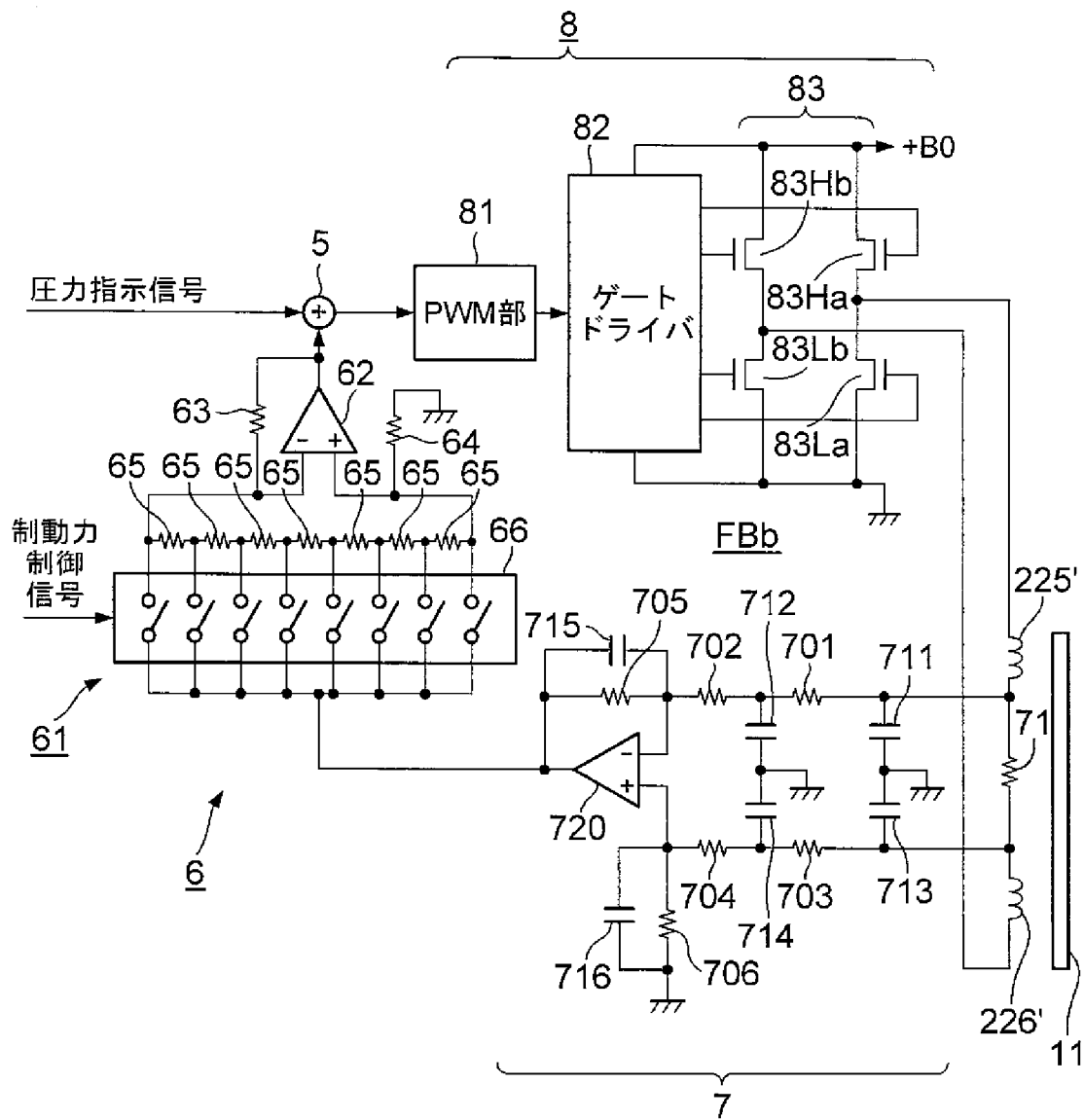
[図10]



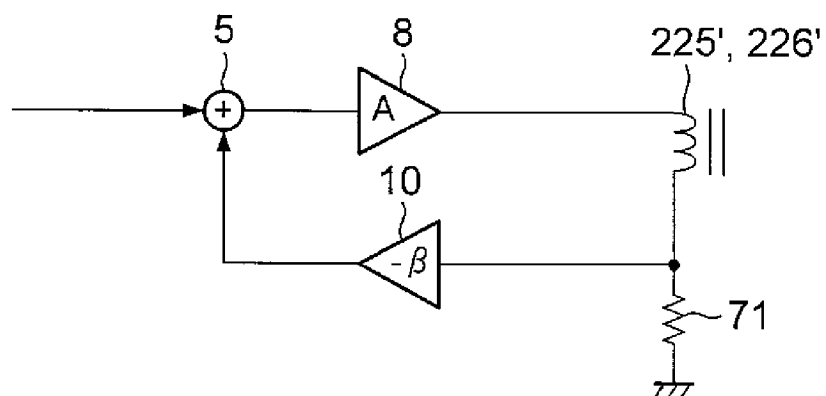
[図11]



[図12]



[図13]



ループゲイン  
制御部3の  
出力信号

44

42

+VLIM

41a

+VLIM

41c

45a

43c

43a

43b

41b

-VLIM

41d

45b

43d

4

41a

41c

45a

43c

43a

43b

41b

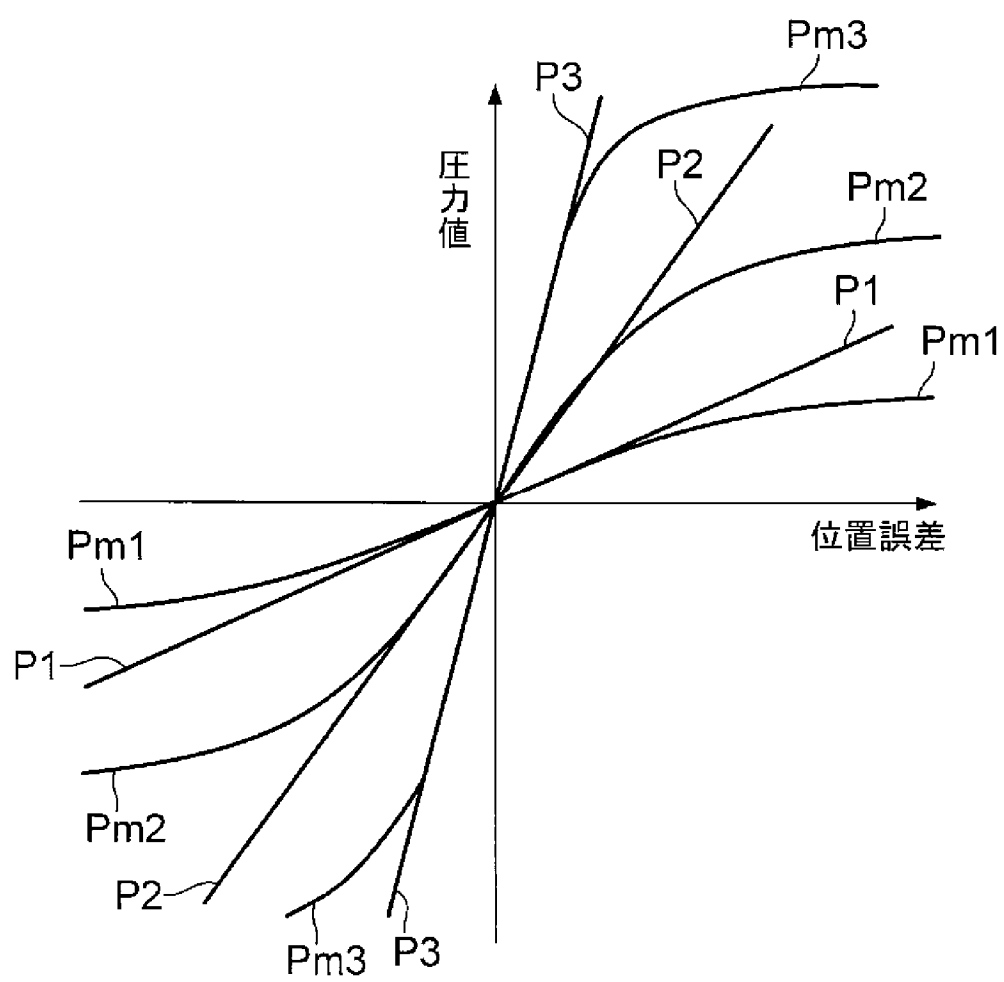
41d

45b

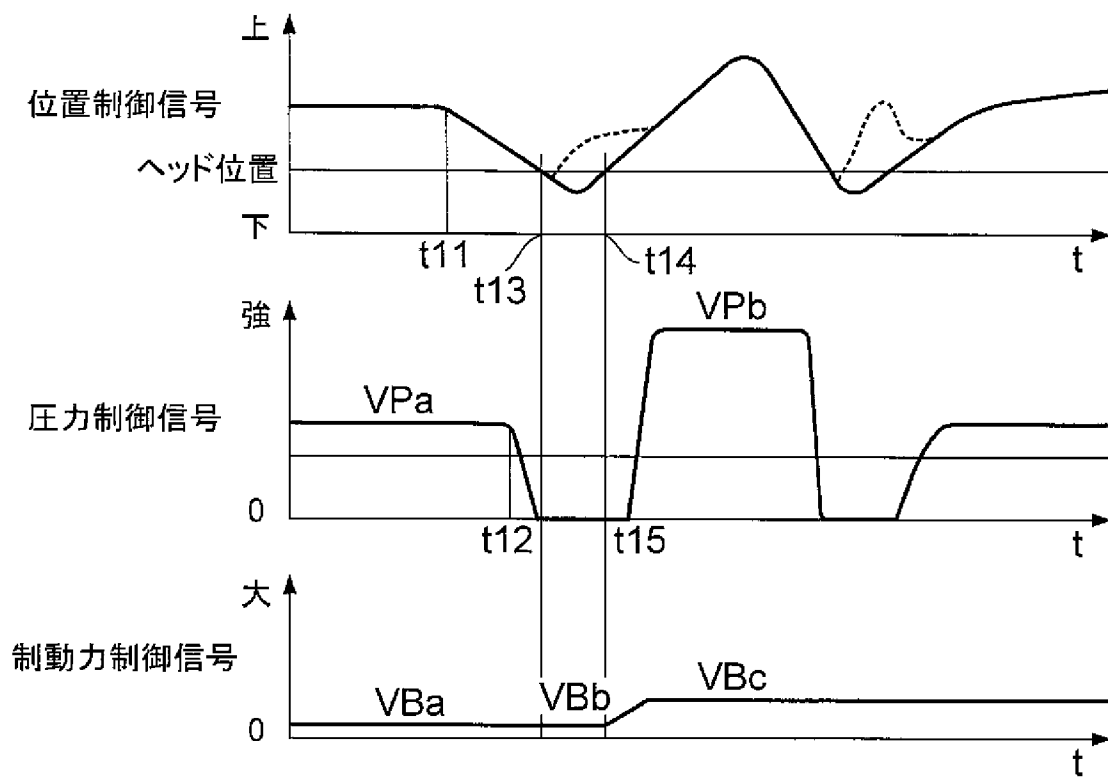
43d

4

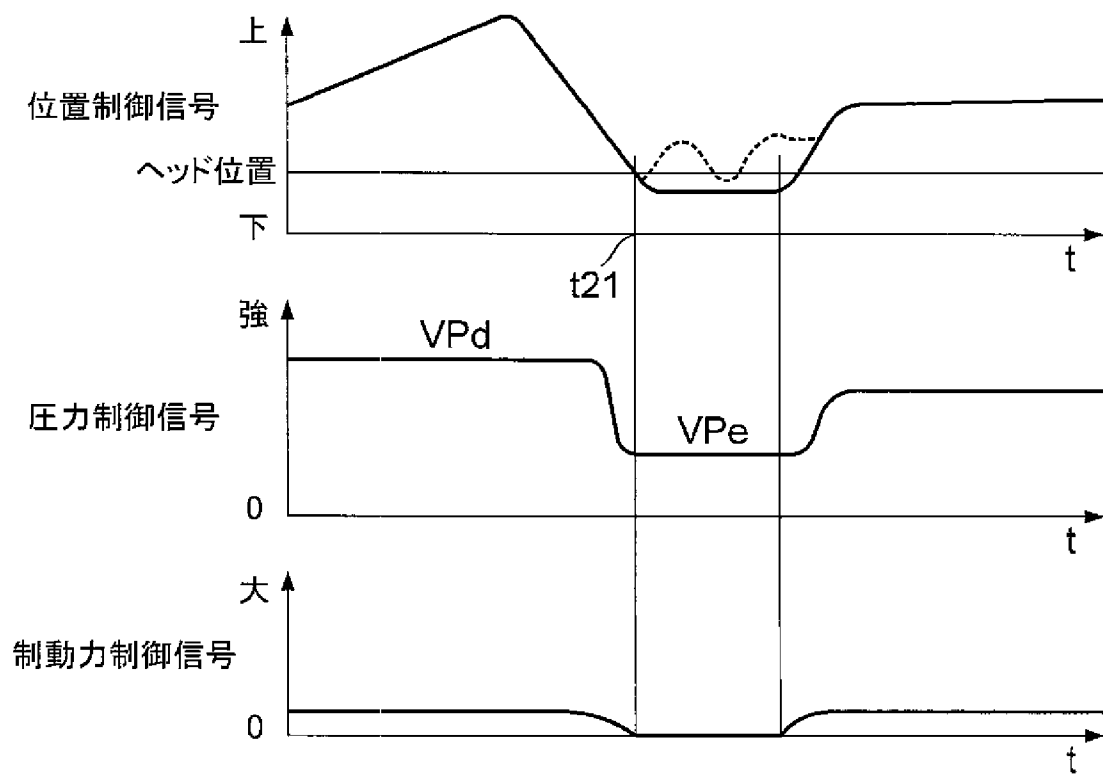
[図17]



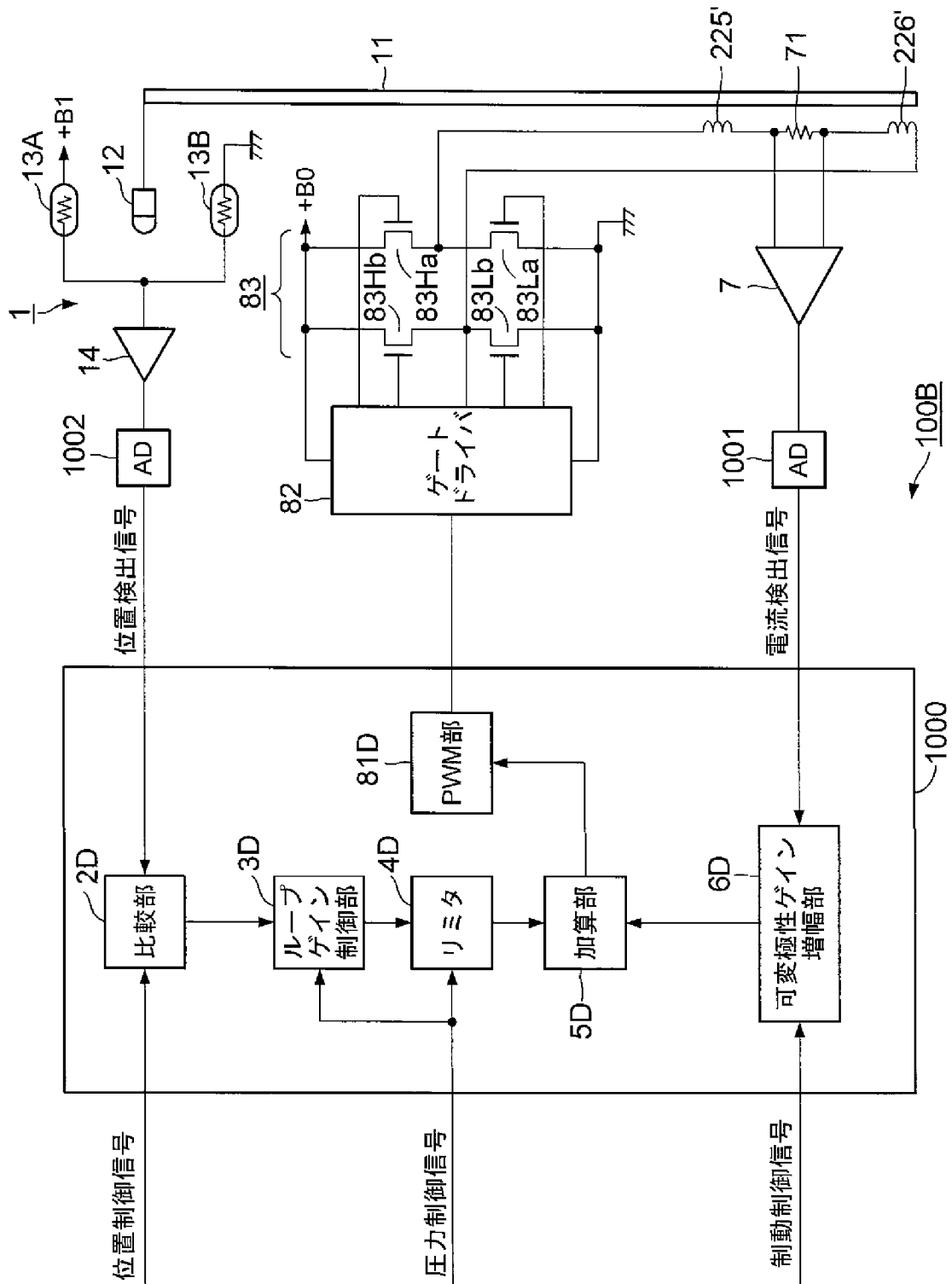
[図18]



[図19]



[図20]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/038747

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G05D3/12 (2006.01) i, H02P25/034 (2016.01) i, B25J19/00 (2006.01) n

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)

Int.Cl. G05D3/12, H02P25/034, B25J19/00

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

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| Published examined utility model applications of Japan   | 1922-1996 |
| Published unexamined utility model applications of Japan | 1971-2017 |
| Registered utility model specifications of Japan         | 1996-2017 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2017 |

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

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                               | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | WO 2010/082452 A1 (PANASONIC CORPORATION) 22 July 2010, paragraphs [0075]-[0131], fig. 1, 2, 5<br>& US 2011/0078508 A1, paragraphs [0118]-[0187], fig. 1, 2, 5                   | 1-4, 9-10             |
| X         | JP 2005-95989 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 14 April 2005, paragraphs [0049]-[0065], fig. 1, 2, 6<br>& US 2006/0207419 A1, paragraphs [0255]-[0272], fig. 1, 2, 6 | 1-2, 4, 9-10          |



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  
27 December 2017

Date of mailing of the international search report  
16 January 2018

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer  
  
Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/038747

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 2000-141262 A (FANUC LTD.) 23 May 2000, entire text,<br>all drawings<br>(Family: none)            | 1-10                  |
| A         | JP 4-203602 A (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) 24 July 1992,<br>entire text, all drawings<br>(Family: none) | 1-10                  |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05D3/12(2006.01)i, H02P25/034(2016.01)i, B25J19/00(2006.01)n

## 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. G05D3/12, H02P25/034, B25J19/00

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 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X               | WO 2010/082452 A1（パナソニック株式会社）2010.07.22,<br>[0075]-[0131], 図 1-2, 5 & US 2011/0078508 A1, [0118]-[0187], 図<br>1-2, 5 | 1-4, 9-10      |
| X               | JP 2005-95989 A（松下電器産業株式会社）2005.04.14,<br>[0049]-[0065], 図 1-2, 6 & US 2006/0207419 A1, [0255]-[0272], 図<br>1-2, 6   | 1-2, 4, 9-10   |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.12.2017

国際調査報告の発送日

16.01.2018

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）

加藤 啓

3U

3426

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                |                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2000-141262 A (ファナック株式会社) 2000. 05. 23, 全文, 全図<br>(ファミリーなし) | 1-10           |
| A                     | JP 4-203602 A (ダイキン工業株式会社) 1992. 07. 24, 全文, 全図 (フ<br>ァミリーなし)  | 1-10           |