(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
2018年3月15日(15.03.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/047396 A1

(51) 国際特許分類:
*F04B 11/00* (2006.01)　*F04B 13/00* (2006.01)
*F04B 9/04* (2006.01)　*F04B 49/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/014932

(22) 国際出願日：　2017年4月12日(12.04.2017)

(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 2016-174315　2016年9月7日(07.09.2016)　JP

(71) 出願人: 日機装株式会社(**NIKKISO CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1506022 東京都渋谷区恵比寿４丁目２０番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 村越　富三雄 (**MURAKOSHI Fusao**); 〒1898520 東京都東村山市野口町２－１６－２ 日機装株式会社東村山製作所内 Tokyo (JP). 佐藤 秀明(**SATO Hideaki**); 〒1898520 東京都東村山市野口町２－１６－２ 日機装株式会社東村山製作所内 Tokyo (JP).

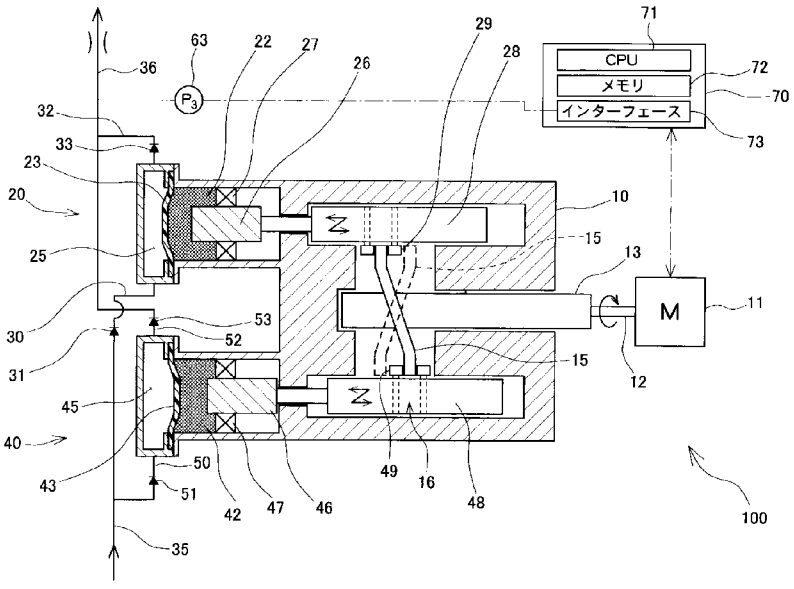
(74) 代理人: 特許業務法人ＹＫＩ国際特許事務所 (**YKI PATENT ATTORNEYS**); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町一丁目３４番１２号 Tokyo (JP).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) **Title:** NON-PULSATING PUMP

(54) 発明の名称： 無脈動ポンプ

［図1］




(57) **Abstract:** This non-pulsating pump (100) has a rotary cam (15) which converts a rotary motion of a servomotor (11) into a reciprocating motion and through which first and second pumps (20, 40) are driven with a phase difference of 180 °, and includes, after an intake stroke and before a discharge stroke, a preliminary compression stroke in which plungers (26, 46) of the first and second pumps (20, 40) are moved to a discharge side by a slight amount and then stopped. A control unit (70) for adjusting the rotating speed of the servomotor (11) consecutively prolongs, during every

WO 2018/047396 A1

［続葉有］

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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))

preliminary compression stroke, the time period in which the rotating speed of the servomotor (11) is reduced from a predetermined rotating speed R0 when the pressure of a common discharge tube (36) during the preliminary compression stroke is higher than the pressure of the common discharge tube (36) during the discharge stroke. Thus, even when a set pressure is changed, pulsation occurrence can be suppressed.

(57) 要約:サーボモータ(１１)の回転運動を往復運動に変換する回転カム(１５)を有し、回転カム(１５)を介して第１、第２ポンプ(２０，４０)を１８０°の位相差で駆動するとともに、吸込行程の後で吐出行程の前に第１、第２ポンプ(２０，４０)のプランジャ(２６，４６)を吐出側に微小量だけ移動させた後にプランジャ(２６，４６)を停止させる予備圧縮行程を含む無脈動ポンプ(１００)であって、サーボモータ(１１)の回転数を調整する制御部(７０)は、予備圧縮行程中の共通吐出管(３６)の圧力が吐出行程中の共通吐出管(３６)の圧力よりも高い場合に、予備圧縮行程中にサーボモータ(１１)の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させている期間を予備圧縮行程の度に順次長くする。これにより、設定圧力が変化した場合でも脈動の発生を抑制できる。

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 無脈動ポンプ

## 技術分野

[0001] 本発明は、往復動ポンプに関し、特に吐出流量が一定である無脈動ポンプの構造に関する。

## 背景技術

[0002] 複数、通常は２つ（２連形）もしくは３つ（３連形）の往復動ポンプからなる無脈動ポンプが用いられている。例えば、２連形のものにおいては、共通の吸込配管、吐出配管、および、カムシャフトとモータ等からなる駆動装置を備え、偏心駆動カムを介して各ポンプのプランジャを所定の位相差（この場合、１８０°の位相差）で駆動するように構成した２つの往復動ポンプから構成されている。そして、両ポンプの吐出流量を合成することにより、この合成吐出流量が、常に一定となるよう、すなわち無脈動が達成されるよう構成されている。

[0003] しかし、このような無脈動ポンプにおいては、接液部や油圧駆動部への空気の混入が避けられない。このため、プランジャが作動しても、吐出開始点においては混入している空気が圧縮されて吐出圧力に達するまでに時間が掛り、一方吸込開始点においては、空気が膨脹して吸込負圧に達するまでに時間が掛る。このため、吸込行程から吐出行程へ移行する際に吐出遅れ、吐出流量の欠損が発生する。また、この種のポンプにおいては、駆動部における機械的遊隙の発生が避けられない。このため、遊隙の分だけプランジャの移動が遅れ、機械的遊隙による吐出遅れ、吐出流量の欠損が発生する。

[0004] このように、この種の従来の無脈動ポンプにおいては、空気混入および機械的遊隙による吐出遅れ、吐出流量欠損が発生するため、正確な無脈動を達成し得なかった。

[0005] このため、吐出行程に移行する直前の行程において吐出流量の欠損分に対する補充分を追加吐出するように駆動カムの形状を設定し、吐出流量の欠損

を補正し、無脈動特性を向上させることが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

[0006] また、吐出行程の直前に追加吐出させる流量が吐出流量の欠損分の最大値よりも大きくなるようなカムの形状とし、過剰な追加吐出分をエア抜き弁から排出するように構成して無脈動特性を向上させることも提案されている（例えば、特許文献２参照）。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0007] 特許文献1：特開平７－１１９６２６号公報

特許文献2：特開平８－１１４１７７号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、特許文献１に記載されているような従来技術の無脈動ポンプでは、ポンプを運転する上で設定された吐出圧力である設定圧力の変化によって吐出流量の欠損分が変化する。ここで、設定圧力は具体的には、負荷の圧力に配管の圧力損失を加えた圧力となる。例えば、設定圧力が高い場合には、混入した空気の体積減少分が大きくなるので、設定圧力に達するまでの時間が掛り、吐出流量の欠損分も大きくなる。逆に設定圧力が低い場合には、吐出流量の欠損分が小さくなる。このため、特許文献１に記載された無脈動ポンプでは、ポンプの設定圧力によって、追加吐出させる流量が吐出流量の欠損分よりも大きくなることにより脈動が発生したり、逆に追加吐出させる流量が吐出流量の欠損分よりも小さくなることにより脈動が発生したりするという問題があった。

[0009] また、特許文献２に記載されている従来技術の無脈動ポンプは、特許文献１に記載された従来技術の無脈動ポンプの問題点は解決されるが、設定圧力の変化に応じて手動でエア抜き弁から排出される流量を調整したり、排出容量の異なる調整弁に交換したりすることが必要で、取り扱いが面倒になる上

、調整に時間がかかってしまうという問題があった。

[0010] そこで、本発明は、設定圧力が変化した場合でも、簡便な方法で脈動の発生を抑制することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0011] 本発明の無脈動ポンプは、共通のモータの回転運動を所定の位相差の複数の往復運動に変換する回転カムを有し、前記回転カムを介して複数の往復動ポンプを所定の位相差で駆動するとともに、吸込行程の後で吐出行程の前に前記往復動ポンプのプランジャを吐出側に微小量だけ移動させた後に前記プランジャを停止させる予備圧縮行程を含み、共通の吐出管に流出する合計吐出流量を一定とする無脈動ポンプであって、前記吐出管の圧力を検出する圧力センサと、前記モータの回転数を調整する制御部と、を含み、前記制御部は、前記圧力センサによって検出した予備圧縮行程中の前記吐出管の圧力が前記圧力センサによって検出した吐出行程中の前記吐出管の圧力よりも高い場合に、予備圧縮行程中に前記モータの回転数を所定の回転数から低減させている期間を予備圧縮行程の度に順次長くしていくことを特徴とする。

[0012] 本発明の無脈動ポンプにおいて、前記制御部は、前記圧力センサによって検出した先の予備圧縮行程中の前記吐出管の圧力が前記圧力センサによって検出した吐出行程中の前記吐出管の圧力よりも高い場合に、次の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角を先の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角よりも早くすることとしてもよい。

[0013] 本発明の無脈動ポンプにおいて、前記制御部は、前記圧力センサによって検出した先の予備圧縮行程中の前記吐出管の圧力が前記圧力センサによって検出した吐出行程中の前記吐出管の圧力よりも低い場合に、次の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角を先の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角よりも遅くすることとしてもよい。

## 発明の効果

[0014] 本発明は、設定圧力が変化した場合でも、簡便な方法で脈動の発生を抑制することができる。

## 図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施形態における無脈動ポンプの構成を示す系統図である。

[図2A]図１に示す無脈動ポンプのプランジャ速度と合計吐出流量の時間変化を示すグラフである。

[図2B]図１に示す無脈動ポンプのプランジャ位置の時間変化を示すグラフである。

[図2C]設定圧力Ｐ*が設計圧力Ｐｄと同一の場合の図１に示す無脈動ポンプの吐出圧力の時間変化を示すグラフである。

[図2D]設定圧力Ｐ*が設計圧力Ｐｄよりも小さい場合の図１に示す無脈動ポンプの吐出圧力の時間変化を示すグラフである。

[図3]図１に示す無脈動ポンプの動作を示すフローチャートである。

[図4]ポンプ始動直後の吐出圧力の変化と予備圧縮行程中のプランジャ速度の変化カーブとモータ回転数の変化とを示すグラフである。

[図5]図４の次の予備圧縮行程中の吐出圧力の変化とプランジャ速度の変化カーブとモータ回転数の変化とを示すグラフである。

[図6]図５の次の予備圧縮行程中の吐出圧力の変化とプランジャ速度の変化カーブとモータ回転数の変化とを示すグラフである。

[図7]図６の次の予備圧縮行程中の吐出圧力の変化とプランジャ速度の変化カーブとモータ回転数の変化とを示すグラフである。

[図8]図７に示すプランジャ速度の変化カーブとモータ回転数の変化とを保持した状態で設定圧力Ｐ*が高くなった場合の予備圧縮行程中の吐出圧力の変化を示すグラフである。

[図9]図８に示す状態からサーボモータの回転数を低減する回転角を遅くした場合の予備圧縮行程中の吐出圧力の変化とプランジャ速度の変化カーブとモータ回転数の変化とを示すグラフである。

## 発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照しながら本実施形態の無脈動ポンプ１００について説明する。図１に示すように、本実施形態の無脈動ポンプ１００は、フレーム１０と、フレーム１０の中心に配置されてサーボモータ１１によって回転駆動される共通のカムシャフト１３に取り付けられた特殊形状の回転カム１５と、回転カム１５によって１８０°の位相差で往復動するプランジャ２６，４６を含む往復動ポンプである第１，第２ポンプ２０，４０と、サーボモータ１１の回転数を調整する制御部７０とを備えている。サーボモータ１１はシャフト１２の回転角φの角度信号を出力できるモータである。なお、本実施形態では、サーボモータ１１のシャフト１２とカムシャフト１３とは直結され、カムシャフト１３の回転角φ、すなわち、回転カム１５の回転角φとサーボモータ１１のシャフト１２の回転角φとは同一であるとして説明するが、サーボモータ１１によってカムシャフト１３の回転角φ、すなわち、回転カム１５の回転角φを検出できれば、サーボモータ１１のシャフト１２とカムシャフト１３とは直結していなくともよい。

[0017] 図１に示すように、回転カム１５は、サーボモータ１１によって回転駆動されるカムシャフト１３に傾斜して固定された円盤状のカムで、その先端が第１ポンプ２０のプランジャシャフト２８に固定された２つのローラ２９の間に挟み込まれている。また、回転カムの反対側は、第２ポンプ４０のプランジャシャフト４８に固定された２つのローラ４９の間に挟みこまれている。そして、サーボモータ１１によって回転カム１５が回転すると、回転カム１５は、プランジャシャフト２８，４８をそれぞれ１８０°の位相差で往復動させる。図１は、第１ポンプ２０のプランジャ２６が押し出し位置にあり、第２ポンプのプランジャ４６が引き位置にある状態を示している。なお、図中に破線で示す回転カム１５は、実線で示す状態からカムシャフト１３が１８０°回転した際の回転カム１５の位置を示している。なお、カムシャフト１３と回転カム１５とプランジャシャフト２８，４８に取り付けられたローラ２９，４９とは、共通のサーボモータ１１の回転運動を１８０°の位相差の複数の往復運動に変換するカム機構１６を構成する。

[0018] 第１ポンプ２０は、油を貯留する油圧室２２と、流体を吸込、吐出するポンプ室２５とを備えている。油圧室２２とポンプ室２５とはダイアフラム２３によって仕切られている。また、油圧室２２には、プランジャシャフト２８に接続されて油圧室２２内の中を往復動し、油圧室２２の容積を変化させるプランジャ２６が収容されている。プランジャ２６の外周面と油圧室２２の内周面との間にはパッキン２７が配置され、油圧室２２の油が外部に漏れないよう構成されている。

[0019] 第１ポンプ２０のポンプ室２５には、流体をポンプ室２５の中に吸い込む吸込管３０と、ポンプ室２５から流体を吐出する吐出管３２が接続されている。また、吸込管３０、吐出管３２には流体の逆流を防止する逆止弁３１，３３が取り付けられている。

[0020] 第２ポンプ４０は、第１ポンプ２０と同一構造である。図１において、第１ポンプ２０と同様の部分には、一の位が同一の４０番台の符号を付してその説明は省略する。また、第２ポンプ４０の吸込管５０、吐出管５２も第１ポンプ２０の吸込管３０、吐出管３２と同様に逆止弁５１，５３が取り付けられている。

[0021] 図１に示すように、第１ポンプ２０の吸込管３０と第２ポンプ４０の吸込管５０とは、それぞれ共通吸込管３５に接続されている。また、第１ポンプ２０の吐出管３２と第２ポンプ４０の吐出管５２とは、それぞれ共通吐出管３６に接続されている。

[0022] 制御部７０は、内部に信号処理や演算処理を行うＣＰＵ７１と、制御プログラム、制御データ等を格納するメモリ７２と、圧力センサ６３やサーボモータ１１との信号をやり取りするインターフェース７３とを含むコンピュータである。圧力センサ６３の信号は制御部７０に入力され、サーボモータ１１の回転角φも制御部７０に入力される。また、サーボモータ１１は制御部７０の指令によって駆動される。

[0023] 以上のように構成された無脈動ポンプ１００は、サーボモータ１１によってカムシャフト１３に取り付けられた回転カム１５を回転させると、回転カ

ム１５によって各プランジャシャフト２８，４８が１８０°の位相差で往復動し、ポンプ室２５，４５の流体を交互に共通吐出管３６に吐出して流体を無脈動で圧送するものである。以下、図２Ａから図２Ｅを参照しながら無脈動ポンプ１００の動作について説明する。以下の説明では、ポンプを運転する上で設定された吐出圧力を設定圧力Ｐ*、予備圧縮行程での回転角φに対するプランジャ速度のカーブを決定する際の吐出圧力を設計圧力Ｐｄとして説明する。なお、先に説明したように、設定圧力は具体的には、負荷の圧力に配管の圧力損失を加えた圧力である。

[0024] ＜設定圧力Ｐ*が設計圧力Ｐｄと同一の場合の無脈動ポンプの動作＞

最初に、ポンプを運転する上で設定された吐出圧力である設定圧力Ｐ*が、予備圧縮行程での回転角φに対するプランジャ速度のカーブを決定する際の吐出圧力である設計圧力Ｐｄと同一の場合における無脈動ポンプ１００の動作について説明する。

[0025] 図２Ａにおいて、実線８２は回転カム１５の回転角φに対する第１ポンプ２０のプランジャ２６の速度を示し、破線８３は第２ポンプ４０のプランジャ４６の速度を示し、一点鎖線８１は、第１ポンプ２０と第２ポンプ４０との合計吐出流量、つまり、共通吐出管３６から吐出される流体流量の変化を示している。図２Ａにおいて、プラスのプランジャ速度は、プランジャ２６がポンプ室２５から流体を吐出する方向に移動することを示し、マイナスのプランジャ速度は、プランジャ２６がポンプ室２５に流体を吸込む方向に移動することを示す。

[0026] 本実施形態の無脈動ポンプ１００においては、油圧室２２，４２への空気の混入が避けられず、また、駆動部における微小な遊隙も存在する。そこで、本実施形態の無脈動ポンプ１００では、吸込行程から吐出行程に移行する直前の行程においてプランジャ２６，４６を吐出側に微小移動させた後にプランジャを一旦停止させ、油圧室２２，４２の圧力を高めて混入した気泡を予め圧縮させるとともにプランジャの運動方向が変わることで微小な遊隙によるプランジャ不稼働部を吐出開始前になくして、吐出流量の欠損を補充す

る予備圧縮行程を有している。

[0027] 図２Ａの実線８２に示すように、第１ポンプ２０は、回転カム１５の回転角φが－φ０から０°の間が上記の予備圧縮行程、回転角φが０°から回転角φ１までの間が吐出行程、回転角φ１から回転角φ２まで間が休止行程、回転角φ２から（３６０°－φ０）までの間が吸込行程、そして、回転角φが（３６０°－φ０）からは、先と同様に予備圧縮行程、吐出行程、休止行程、吸込行程が繰り返される。

[0028] 一方、図２Ａの破線８３に示すように、第２ポンプ４０は、回転カム１５の回転角φが－φ０から回転角φ３までの間は、吐出行程で、回転角φ３から回転角φ４までの間が休止行程で、回転角φ４から回転角φが（１８０°－φ０）までの間が吸込行程、回転角φが（１８０°－φ０）から１８０°までの間が予備圧縮行程、回転角φが１８０°以降が吐出行程となる。第２ポンプ４０は、第１ポンプ２０と回転カム１５の回転角φが１８０°ずれた角度で予備圧縮行程、吐出行程、休止行程、吸込行程が繰り返される。

[0029] 図２Ａの実線８２に示すように、第１ポンプ２０では、回転カム１５の回転角φが－φ０から０°の予備圧縮行程において、プランジャ２６は、特殊形状の回転カム１５により、回転角φ３から回転角φが１８０°の間の吐出行程における定常速度よりも小さい微小速度で流体を吐出する方向に移動する。そして、回転角φが０°になると移動を停止する。この際のプランジャ２６の位置を図２Ｂの実線８５に示す。図２Ｂの実線８５に示すように、回転カム１５の回転角φが－φ０から回転角φが０°の直前までプランジャ２６は、０％位置（引き位置）からゆっくりと上昇し、回転カム１５の回転角φが0°になると一旦、プランジャ２６の移動が停止する（予備圧縮行程）。このように、プランジャ２６が吐出方向にゆっくりと移動することにより、油圧室２２内の気泡がつぶれ油圧室２２の油圧が上昇する。そして、図２Ｃの実線９２に示すように、回転カム１５の回転角φが０°において、ダイアフラム２３がポンプ室２５の側に移動を開始し、ポンプ室２５の圧力Ｐ１は、共通吐出管３６の圧力Ｐ３、つまり、設定圧力Ｐ*と略同様の圧力に達し、

ポンプ室２５から流体が共通吐出管３６に流体の吐出が開始される。一方、図２Ａの破線８３に示すように、第２ポンプ４０は、回転角０°からプランジャ速度、吐出流量が低下を開始する。回転カム１５の回転角φが０°からの第１ポンプ２０の吐出量の増加と回転カム１５の回転角φが０°からの第２ポンプ４０の吐出量の低下とが相殺し、共通吐出管３６には、一定流量の流体が流れる。また、共通吐出管３６の圧力Ｐ３も設定圧力Ｐ*一定に保たれる。

[0030] そして、回転カム１５の回転角φが０°からは回転角φ３までは、プランジャ２６の速度は一定の割合で増加し、その後一定速度で吐出方向に移動していく（吐出行程）。なお、図２Ａに示すようなプランジャ２６の速度変化は、特殊形状の回転カム１５によるもので、サーボモータ１１の回転数は一定である。

[0031] そして、図２Ｂの実線８５に示すように、回転角φ１において、プランジャ２６は１００％位置（押し出し位置）に達し、回転角φ２まで１００％位置（押し出し位置）の状態を保つ（休止行程）。その後、図２Ａの実線８２に示すようにプランジャ２６の速度がマイナスになると、プランジャ２６は、１００％位置（押し出し位置）から０％位置（引き位置）に向かってポンプ室２５と反対側に向かって移動する。これにより、油圧室２２、ポンプ室２５の圧力Ｐ１が低下し、ポンプ室２５に流体が吸込まれる（吸込行程）。そして、回転カム１５の回転角φが（３６０°－φ０）からは、先に説明したと同様、予備圧縮行程、吐出行程、休止行程、吸込行程が繰り返される。

[0032] 第２ポンプ４０のプランジャ４６は、図２Ｂの破線８４に示すように、実線８５に示す第１ポンプ２０のプランジャ２６と回転カム１５の回転角φが１８０°ずれて０％位置（引き位置）と１００％位置（押し出し位置）とを往復する。

[0033] このように、第１ポンプ２０のプランジャ２６と第２ポンプ４０のプランジャ４６とが回転角φが１８０°ずれて０％位置（引き位置）と１００％位置（押し出し位置）とを往復し、設定圧力Ｐ*が設計圧力Ｐｄと同一の場合に

は、予備圧縮行程終了時（回転角φが０°）において、第１ポンプ２０のポンプ室２５の圧力Ｐ１が共通吐出管３６の圧力Ｐ３（設定圧力Ｐ*）と略同様の圧力となるので、第１ポンプの吐出行程開始と同時にポンプ室２５から遅れなく流体が共通吐出管３６に吐出される。そして、回転カム１５の回転角φが０°からの第１ポンプ２０の吐出量の増加と回転カム１５の回転角φが０°からの第２ポンプ４０の吐出量の低下とが相殺し、第１ポンプ２０と第２ポンプ４０の合計吐出流量は、図２Ａの一点鎖線８１に示すように脈動がない一定の定格流量となる。

[0034] ＜設定圧力Ｐ*が設計圧力Ｐｄよりも低い場合の無脈動ポンプの動作＞

図２Ｄに示すように、共通吐出管３６の圧力Ｐ３、つまり、設定圧力Ｐ*が設計圧力Ｐｄよりも低い場合には、吐出流量の欠損が小さく、先に説明したと同様にサーボモータ１１を一定回転させて予備圧縮行程を行うと、図２Ｄの実線９２ａに示すように、予備圧縮行程が終了する前、例えば、回転カム１５の回転角φが、－φ０´の際に、ポンプ室２５の圧力Ｐ１が共通吐出管３６の圧力Ｐ３（設定圧力Ｐ*）に達してしまい、予備圧縮行程の間にポンプ室２５から共通吐出管３６に流体が吐出されてしまう。回転カム１５の回転角φが－φ０´では図２Ａの破線８３に示すように、第２ポンプ４０のプランジャ４６は一定速度で吐出方向に移動し、所定の流量をポンプ室４５から共通吐出管３６に吐出している。このため、共通吐出管３６に流れる流体の流量は、第２ポンプ４０から吐出される一定の流量に第１ポンプ２０から吐出される流体流量の合計流量となり、共通吐出管３６の圧力Ｐ３は、図２Ｄの一点鎖線９１ａに示すように設定圧力Ｐ*を超えてしまい、合計吐出流量に脈動が発生してしまう。

[0035] そこで、本実施形態の無脈動ポンプ１００は、設定圧力Ｐ*が設計圧力Ｐｄよりも低く脈動が発生した場合には、予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から順次低減して、脈動が許容範囲内となるように調整している。以下、図３～図７を参照しながら詳細に説明する。最初に図３を参照しながら、制御部７０の動作について説明する。

[0036] 図３のステップＳ１０１に示すように、制御部７０は無脈動ポンプ１００を始動する。すると、サーボモータ１１が回転を開始し、第１ポンプ２０、第２ポンプ４０は、回転角φが１８０°ずれて予備圧縮行程、吐出行程、休止行程、吸込行程を繰り返す。次に、制御部７０は、図３のステップＳ１０２に示すように、図１に示す圧力センサ６３によって、吐出行程中で圧力が安定している期間の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatを検出する。吐出圧力行程中で圧力が安定している期間とは、第１ポンプ２０または第２ポンプ４０の一方が吐出行程中でプランジャ速度が一定であり、他方が吸込み行程中の場合である。例えば、図２Ａ中で回転角φ４から回転角（１８０°－φ０）の間のように、第１ポンプ２０が吐出行程中でプランジャ２６の速度が一定で、第２ポンプ４０が吸込み行程中の期間、あるいは、図２Ａ中で、回転角φ２から回転角（３６０°－φ０）の間のように、第２ポンプ４０が吐出行程中でプランジャ４６の速度が一定で、第１ポンプ２０が吸込み行程中の期間である。この平均圧力Ｐ３flatは、負荷の圧力に配管の圧力損失を加えた圧力によって決まる圧力であり、先に説明した設定圧力Ｐ*と等しくなる。

[0037] 次に図３のステップＳ１０３に示すように、制御部７０は、圧力センサ６３によって予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxと、最小圧力Ｐ３revminとを検出する。この検出は、例えば、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の圧力を所定の間隔で検出してメモリ７２に格納しておき、その中から、最大値と最小値を選択することで検出してもよい。

[0038] 次に、制御部７０は、図３のステップＳ１０４に示すように、最大圧力Ｐ３revmaxと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmax－Ｐ３flat｜）または最小圧力Ｐ３revminと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmin－Ｐ３flat｜）のいずれか一方が所定の許容値Ｄを超えているかどうかを判断する。そして、いずれか一方が所定の許容値Ｄを超えていると判断した場合（図３のステップＳ１０４でＹＥＳと判断した場合）には、図３のステップＳ１０５に進む。また、いずれも所定の許容値Ｄを超えていないと判断し

た場合（図３のステップＳ１０４でＮＯと判断した場合）には、図３のステップＳ１０２に戻って吐出行程中の平均圧力Ｐ３flatと予備圧縮行程中の最大圧力Ｐ３revmax、最小圧力Ｐ３revminの監視を続ける。

[0039] 図３のステップＳ１０４でＹＥＳと判断した場合、制御部７０は、図３のステップＳ１０５で最大圧力Ｐ３revmaxが平均圧力Ｐ３flatを超えているかどうかを判断する。図３のステップＳ１０５でＹＥＳと判断した場合、制御部７０は、図３のステップＳ１０６に進み、次の予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角φをΔＸだけ早くする。なお、無脈動ポンプ１００の始動直後で初めて図３のステップＳ１０５でＹＥＳと判断した場合には、制御部７０は、サーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角を回転角（０°－ΔＸ）に設定する。この動作については、後で、図４～図７を参照して詳述する。

[0040] 一方、図３のステップＳ１０５でＮＯと判断した場合、制御部７０は、図３のステップＳ１０７に進み、最小圧力Ｐ３revminが平均圧力Ｐ３flatより低いことを確認する。そして、図３のステップＳ１０８に進み、次の予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角φをΔＸだけ遅くする。この動作については、後で、図４～図７を参照して詳述する。

[0041] 制御部７０は、図３のステップＳ１０６あるいはステップＳ１０８の動作を終了したら図３のステップＳ１０９に進み、無脈動ポンプ１００が停止したかどうかを判断する。そして、無脈動ポンプ１００が停止していない場合には、図３のステップＳ１０９でＮＯと判断して図３のステップＳ１０２に戻り、ステップＳ１０２からステップＳ１０８の動作を繰り返す。一方、無脈動ポンプ１００が停止した場合には、ステップＳ１０９でＹＥＳと判断し、プログラムの動作を終了する。

[0042] 次に、図４から図７を参照しながら、ポンプ室２５の圧力Ｐ１とポンプ室４５の圧力Ｐ２と共通吐出管３６の圧力Ｐ３の変化、プランジャ２６，４６の速度の変化、サーボモータ１１の回転数の変化について説明する。以下の説明では、吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）は設計圧力Ｐｄ

よりも低いとして説明する。

[0043] 図４（ａ）～図４（ｂ）は、無脈動ポンプ１００が始動した直後で図４（ｃ）の実線９５ｃに示すようにサーボモータ１１の回転数が所定の回転数Ｒ０で一定回転している場合のポンプ室２５の圧力Ｐ１とポンプ室４５の圧力Ｐ２と共通吐出管３６の圧力Ｐ３の変化（図４（ａ）の実線９２ｃ、破線９３ｃ、一点鎖線９１ｃ）、プランジャ２６，４６の速度の変化（図４（ｂ）の実線８２ｃ、破線８３ｃ）の変化を示している。吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）は設計圧力Ｐｄよりも低いので、サーボモータ１１の回転数が所定の回転数Ｒ０で一定の場合には、図４（ａ）に示すように、回転角φがφ１１において、ポンプ室２５の圧力Ｐ１が吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）に達してしまい、予備圧縮行程の間にポンプ室２５から共通吐出管３６に流体が吐出されてしまう。回転カム１５の回転角φが－φ１１では図４（ｂ）の破線８３ｃに示すように、第２ポンプ４０のプランジャ４６は一定速度で吐出方向に移動し、所定の流量をポンプ室４５から共通吐出管３６に吐出している。このため、共通吐出管３６に流れる流体の流量は、第２ポンプ４０から吐出される一定の流量に第１ポンプ２０から吐出される流体流量の合計流量となり、図４（ａ）の一点鎖線９１ｃに示すように予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxは、共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）を超え、合計吐出流量に脈動が発生する。また、図４（ａ）から図４（ｃ）に示す状態では、最大圧力Ｐ３revmaxと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmax－Ｐ３flat｜）が所定の許容値Ｄを超えている。

[0044] このため、制御部７０は、図３のステップＳ１０４及びステップＳ１０５でＹＥＳと判断して図３のステップＳ１０６に進む。この際、制御部７０は、図５のステップＳ１０５でＹＥＳと判断するのが初回であるから、図３のステップＳ１０６で次の予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角φを（０°－ΔＸ）である回転角φ２１に設定する。そして、制御部７０は、図５（ｃ）の実線９５ｄに示すように、次の予備圧縮行

程中に回転角φ２１（０°－ΔＸ）において、サーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０からΔＲ１だけ低減し、回転角φ２０から回転数を増加して予備圧縮行程の終了する回転角０°でサーボモータ１１の回転数が所定の回転数Ｒ０に戻るように、サーボモータ１１の回転数を調整する。この場合、サーボモータ１１が所定の回転数Ｒ０よりも低減されている回転角φの範囲はΔＸ（°）であり、その期間は、回転角の範囲ΔＸ（°）を回転カム１５の回転角速度ω（°／ｓｅｃ）で除したΔＴ１＝（ΔＸ／ω）（ｓｅｃ）となる。

[0045] このように、サーボモータ１１の回転数を回転角φ２１と予備圧縮行程の終了する回転角０°との間で所定の回転数Ｒ０から低減することにより、図５（ｂ）の実線８２ｄに示すように、回転角φ２１と回転角０°との間の第１ポンプ２０のプランジャ２６の速度が遅くなり、この間に第１ポンプ２０から共通吐出管３６に吐出される流量が低下する。また、図５（ｂ）の破線８３ｄに示すように、この間に第２ポンプ４０のプランジャ４６の速度も遅くなるので、第２ポンプから共通吐出管３６に吐出される流量も低下する。このため、図５（ａ）に示すように、回転角φ２１と回転角０°との間のポンプ室２５の圧力Ｐ１、共通吐出管の圧力Ｐ３は、図４（ａ）の場合より低下するものの、図５（ａ）に示すように、回転角φ１１と回転角φ２１との間の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxはほとんど低下せず、共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）を超えたままの状態となっている。また、図５（ａ）から図５（ｃ）に示す状態では、最大圧力Ｐ３revmaxと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmax－Ｐ３flat｜）が所定の許容値Ｄを超えている。

[0046] 無脈動ポンプ１００は動作を続けているので、制御部７０は、図３のステップＳ１０６で次の予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角φを（０°－ΔＸ）である回転角φ２１に設定したら、図３のステップＳ１０９でＮＯと判断して、図３のステップＳ１０２に戻る。そして、先に説明したと同様、ステップＳ１０２で圧力センサ６３によって、吐

出行程中で圧力が安定している期間の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatを検出し、図３のステップＳ１０３で共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxを検出する。先に述べたように、図５（ａ）から図５（ｃ）の状態では、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxは共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）を超えたままの状態となっており、最大圧力Ｐ３revmaxと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmax－Ｐ３flat｜）が所定の許容値Ｄを超えている。このため、制御部７０は、図３のステップＳ１０４、Ｓ１０５でＹＥＳと判断して図３のステップＳ１０６に進む。

[0047] 今回は、図３のステップＳ１０５でＹＥＳと判断するのが２回目なので、図６（ｃ）の実線９５ｅに示すように、制御部７０は、次の予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角φを現在の回転角φ２１からΔＸだけ早い回転角φ２２（φ２２＝φ２１－ΔＸ）とする。そして、制御部７０は、図６（ｃ）の実線９５ｅに示すように、次の予備圧縮行程中に回転角φ２２（φ２１－ΔＸ）において、サーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０からΔＲ２だけ低減し、回転角φ２１から回転数を増加して予備圧縮行程の終了する回転角０°でサーボモータ１１の回転数が所定の回転数Ｒ０に戻るように、サーボモータ１１の回転数を調整する。この場合、サーボモータ１１が所定の回転数Ｒ０よりも低減されている回転角φの範囲は２×ΔＸ（°）であり、その期間は、回転角の範囲２×ΔＸ（°）を回転カム１５の回転角速度ω（°／ｓｅｃ）で除したΔＴ２＝（２×ΔＸ／ω）（ｓｅｃ）となる。

[0048] ここで、回転数の低減量ΔＲ２は、サーボモータ１１の回転数の低減後に予備圧縮行程において吐出流量の欠損が生じない最大量である。

[0049] このように、サーボモータ１１の回転数を回転角φ２２と予備圧縮行程の終了する回転角０°との間で所定の回転数Ｒ０から低減することにより、図６（ｂ）の実線８２ｅに示すように、回転角φ２２と回転角０°との間の第１ポンプ２０のプランジャ２６の速度が遅くなり、この間に第１ポンプ２０

から共通吐出管３６に吐出される流量が低下する。また、図６（ｂ）の破線８３ｅに示すように、この間に第２ポンプ４０のプランジャ４６の速度も遅くなるので、第２ポンプから共通吐出管３６に吐出される流量も低下する。このため、図６（ａ）に示すように、回転角φ２２と回転角０°との間のポンプ室２５の圧力Ｐ１、共通吐出管の圧力Ｐ３は、図５（ａ）の場合より低下する。しかし、図６（ａ）に示すように、回転角φ１１と回転角φ２２との間の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxはほとんど低下せず、共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）を超えたままの状態となっている。また、図６（ａ）から図６（ｃ）に示す状態では、最大圧力Ｐ３revmaxと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmax－Ｐ３flat｜）が所定の許容値Ｄを超えている。

[0050] 先に説明したと同様、制御部７０は、無脈動ポンプ１００が運転を継続している場合には、図３のステップＳ１０２に戻って、圧力センサ６３によって、吐出行程中で圧力が安定している期間の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatを検出し、図３のステップＳ１０３で共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxを検出する。先に述べたように、図６（ａ）から図６（ｃ）の状態では、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxは共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）を超えたままの状態となっており、最大圧力Ｐ３revmaxと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmax－Ｐ３flat｜）が所定の許容値Ｄを超えている。このため、制御部７０は、図３のステップＳ１０４、Ｓ１０５でＹＥＳと判断して図３のステップＳ１０６に進む。

[0051] 今回は、図３のステップＳ１０５でＹＥＳと判断するのが３回目なので、図７（ｃ）の実線９５ｆに示すように、制御部７０は、次の予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角φを現在の回転角φ２２からΔＸだけ早い回転角φ１１（φ１１＝φ２２－ΔＸ）とする。先に述べたように、サーボモータ１１の回転数は、サーボモータ１１の回転数の低減後に予備圧縮行程において吐出流量の欠損が生じない最大量であるΔＲ２

までしか低減できないので、制御部７０は、図７（ｃ）の実線９５ｆに示すように、次の予備圧縮行程中に回転角φ１１（φ２２－ΔＸ）において、サーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０からΔＲ２だけ低減し、回転角φ２１から回転角φ２１までの間は、サーボモータ１１の回転数の低減量をΔＲ２に保ち、回転角φ２１から回転数を増加して予備圧縮行程の終了する回転角０°でサーボモータ１１の回転数が所定の回転数Ｒ０に戻るように、サーボモータ１１の回転数を調整する。この場合、サーボモータ１１が所定の回転数Ｒ０よりも低減されている回転角φの範囲は３×ΔＸ（°）であり、その期間は、回転角の範囲３×ΔＸ（°）を回転カム１５の回転角速度ω（°／ｓｅｃ）で除したΔＴ３＝（３×ΔＸ／ω）（ｓｅｃ）となる。

[0052] このように、サーボモータ１１の回転数を回転角φ１１と予備圧縮行程の終了する回転角０°との間で所定の回転数Ｒ０から低減することにより、図７（ｂ）の実線８２ｆに示すように、回転角φ１１と回転角０°との間の第１ポンプ２０のプランジャ２６の速度が遅くなり、この間に第１ポンプ２０から共通吐出管３６に吐出される流量が低下する。また、図７（ｂ）の破線８３ｆに示すように、この間に第２ポンプ４０のプランジャ４６の速度も遅くなるので、第２ポンプから共通吐出管３６に吐出される流量も低下する。

[0053] これにより、予備圧縮行程中の回転角φ１１から回転角０°までの間における第１ポンプ２０からの吐出流量の低減量と回転角φ１１から回転角０°までの間における第２ポンプ４０からの吐出流量の低減量との合計低減流量と予備圧縮行程中の過剰吐出流量とが相殺されるので、共通吐出管３６に吐出される流量は、先に述べた吐出行程中で圧力が安定しており、吐出流量も安定している期間（例えば、第１ポンプ２０または第２ポンプ４０の一方が吐出行程中でプランジャ速度が一定であり、他方が吸込み行程中の場合）の吐出流量と同様の流量となり、流量の脈動が無くなる。また、流量の脈動が無くなるので、図７（ａ）の実線９２ｆ、一点鎖線９１ｆに示すように、予備圧縮行程中のポンプ室２５の圧力Ｐ１、共通吐出管３６の圧力Ｐ３も共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）と等しくなり

、圧力の脈動もなくなる。

[0054] 無脈動ポンプ１００は動作しているので、制御部７０は、図３のステップＳ１０２に戻って圧力センサ６３によって、吐出行程中で圧力が安定している期間の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatを検出し、図３のステップＳ１０３で共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxを検出する。図７（ａ）から図７（ｃ）を参照して説明したように、図７（ａ）から図７（ｃ）に示す状態では、予備圧縮行程中の脈動が抑制され、最大圧力Ｐ３revmaxと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmax－Ｐ３flat｜）、最小圧力Ｐ３revminと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmin－Ｐ３flat｜）は、ともに、所定の許容値Ｄの範囲に入っている。このため、制御部７０は、図３のステップＳ１０４でＮＯと判断し、サーボモータ１１の回転数の調整を行わずに図３のステップＳ１０２に戻る。この場合、サーボモータ１１の回転数は図７（ｃ）の実線９５ｆに示す状態が保持され、プランジャ２６，４６の速度は図７（ｂ）の実線８２ｆ、破線８３ｆに示す状態が保持される。

[0055] これ以後、設定圧力Ｐ*が大きく変動しない限り、図７（ａ）～図７（ｃ）に示す状態が保持される。

[0056] 以上説明したように、本実施形態の無脈動ポンプ１００は、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxが吐出行程中の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatよりも高い場合に、予備圧縮行程中にサーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させている予備圧縮行程が終了する回転角０°からの期間を予備圧縮行程の度に期間ΔＴ１～ΔＴ３のように順次長くして行くことにより、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxを吐出行程中の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatと同一圧力として圧力、流量の脈動を抑制することができる。

[0057] 次に、共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）が図７（ａ）～図７（ｃ）を参照して説明した場合から設計圧力Ｐｄまで上昇した場合の制御部７０の動作について図３、図８、図９を参照しながら説明する。

[0058] 図８（ａ）に示すように、共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）と上昇すると、先に図２Ｃを参照して説明したように、予備圧縮行程中の過剰吐出量はゼロとなる。このため、図７（ａ）～図７（ｃ）を参照して説明したようにサーボモータ１１の回転数を回転角φ１１から回転角０°の間で所定の回転数Ｒ０よりも低減していると、予備圧縮行程中の第１ポンプ２０の吐出流量の低減量と第２ポンプ４０の吐出流量の低減量との合計低減流量により、予備圧縮行程中の第１ポンプ２０と第２ポンプ４０との合計吐出流量が、吐出行程中で圧力、流量が安定している期間の流量よりも少なくなってしまう。このため、図９の実線９２ｇ、一点鎖線９１ｇに示すように、ポンプ室２５の圧力Ｐ１、共通吐出管３６の圧力Ｐ３は、吐出行程中の平均圧力Ｐ３flatよりも低くなってしまう。

[0059] 制御部７０は、図３のステップＳ１０２で圧力センサ６３によって、吐出行程中で圧力が安定している期間の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatを検出し、図３のステップＳ１０３で共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmax、最小圧力Ｐ３revminを検出する。そして、図３のステップＳ１０４に進む。

[0060] 図８（ａ）に示すように、図９の実線９２ｇ、一点鎖線９１ｇに示すように、ポンプ室２５の圧力Ｐ１、共通吐出管３６の圧力Ｐ３は、吐出行程中の平均圧力Ｐ３flatよりも低くなっており、最小圧力Ｐ３revminと平均圧力Ｐ３flatとの差の絶対値（｜Ｐ３revmin－Ｐ３flat｜）は、所定の許容値Ｄを超えている。このため、制御部７０は、図３のステップＳ１０４でＹＥＳと判断してステップＳ１０５に進み、ステップＳ１０５でＮＯと判断して図３のステップＳ１０７に進んで（Ｐ３revmin＜Ｐ３flat）を確認した後、図３のステップＳ１０８に進む。

[0061] 制御部７０は、図３のステップＳ１０８で、次の予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転角φを図８（ｃ）に示す現在の回転角φ１１からΔＸだけ遅い回転角φ２２（φ２２＝φ１１＋ΔＸ）とする。そして、制御部７０は、図３のステップＳ１０９から図３のステップＳ１０２に戻る。そして、制御部７０は、最小圧力Ｐ３revminと平均圧力Ｐ３fla

tとの差の絶対値（｜Ｐ３revmin－Ｐ３flat｜）が所定の許容値Ｄ以下で、図３のステップＳ１０４でＮＯと判断するまで、図３のステップＳ１０２～ステップＳ１０５、ステップＳ１０７～ステップＳ１０９を繰り返し実行し、予備圧縮行程の度にサーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転カム１５の回転角φをΔＸずつ遅くし、予備圧縮行程中にサーボモータ１１の回転数を所定の回転数から低減させている期間を予備圧縮行程の度に順次短くして行く。ただし、制御部７０は、サーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転カム１５の回転角φは０°よりも遅くしない。

[0062] そして、図９（ｃ）の実線９５ｈに示すように、サーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転カム１５の回転角φが０°になり、図９（ｂ）の実線８２ｈ、破線８３ｈに示すプランジャ２６，４６の速度カーブが図２Ａに示す実線８２、破線８３と同様になると、予備圧縮行程中の回転角φ１１から回転角０°までの間における第１ポンプ２０からの吐出流量の低減量と回転角φ１１から回転角０°までの間における第２ポンプ４０からの吐出流量の低減量がゼロとなるので、共通吐出管３６に吐出される流量は、先に述べた吐出行程中で圧力が安定しており、吐出流量も安定している期間（例えば、第１ポンプ２０または第２ポンプ４０の一方が吐出行程中でプランジャ速度が一定であり、他方が吸込み行程中の場合）の吐出流量と同様の流量となり、流量の脈度が無くなる。また、流量の脈動が無くなるので、図９（ａ）の実線９２ｈ、一点鎖線９１ｈに示すように、予備圧縮行程中のポンプ室２５の圧力Ｐ１、共通吐出管３６の圧力Ｐ３も共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flat（＝設定圧力Ｐ*）と等しくなり、圧力の脈動もなくなる。

[0063] このように、本実施形態の無脈動ポンプ１００は、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revminが吐出行程中の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatよりも低くなった場合には、予備圧縮行程中にサーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させている予備圧縮行程が終了する回転角０°からの期間を予備圧縮行程の度に順次短くして行くことにより、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最小圧力Ｐ３revminを吐出行程中の共通吐出

管３６の平均圧力Ｐ３flatと同一圧力として圧力、流量の脈動を抑制することができる。

[0064] 以上説明したように、本実施形態の無脈動ポンプ１００は、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxが共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flatよりも高くなった場合には、予備圧縮行程中にサーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させている期間を予備圧縮行程の度に順次長くし、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revminが吐出行程中の共通吐出管３６の平均圧力Ｐ３flatよりも低くなった場合には、予備圧縮行程中にサーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させている期間を予備圧縮行程の度に順次短かくして行くことにより、共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flatが変動した場合であっても簡便な方法で脈動の発生を抑制することができる。

[0065] なお、予備圧縮行程中にサーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減している期間を長くしたり短くしたりすることは、サーボモータ１１の回転数の低減を開始する回転カム１５の回転角を早くしたり遅くしたりすることに限らず、例えば、予備圧縮行程中にサーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させる期間が異なる予備圧縮行程中のサーボモータ１１の回転数の変化カーブを複数準備しておき、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxが共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flatよりも高くなった場合には、予備圧縮行程の度に順次サーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させる期間が長くなる変化カーブに切換え、予備圧縮行程中の共通吐出管３６の最大圧力Ｐ３revmaxが共通吐出管３６の吐出行程中の平均圧力Ｐ３flatよりも低くなった場合には、予備圧縮行程の度に順次サーボモータ１１の回転数を所定の回転数Ｒ０から低減させる期間が短くなる変化カーブに切換えるようにしてもよい。

## 符号の説明

[0066] １０ フレーム、１１ サーボモータ、１２ シャフト、１３ カムシャフト、１５ 回転カム、１６ カム機構、２０，４０ ポンプ、２２，４２

油圧室、２３，４３　ダイアフラム、２５，４５　ポンプ室、２６，４６　プランジャ、２７，４７　パッキン、２８，４８　プランジャシャフト、２９，４９　ローラ、３０，５０　吸込管、３１，３３，５１，５３　逆止弁、３２，５２　吐出管、３５　共通吸込管、３６　共通吐出管、６３　圧力センサ、７０　制御部、７１　ＣＰＵ、７２　メモリ、７３　インターフェース、１００　無脈動ポンプ。

# 請求の範囲

[請求項1] 共通のモータの回転運動を所定の位相差の複数の往復運動に変換する回転カムを有し、前記回転カムを介して複数の往復動ポンプを所定の位相差で駆動するとともに、吸込行程の後で吐出行程の前に前記往復動ポンプのプランジャを吐出側に微小量だけ移動させた後に前記プランジャを停止させる予備圧縮行程を含み、共通の吐出管に流出する合計吐出流量を一定とする無脈動ポンプであって、

前記吐出管の圧力を検出する圧力センサと、

前記モータの回転数を調整する制御部と、を含み、

前記制御部は、前記圧力センサによって検出した予備圧縮行程中の前記吐出管の圧力が前記圧力センサによって検出した吐出行程中の前記吐出管の圧力よりも高い場合に、予備圧縮行程中に前記モータの回転数を所定の回転数から低減させている期間を予備圧縮行程の度に順次長くしていく無脈動ポンプ。

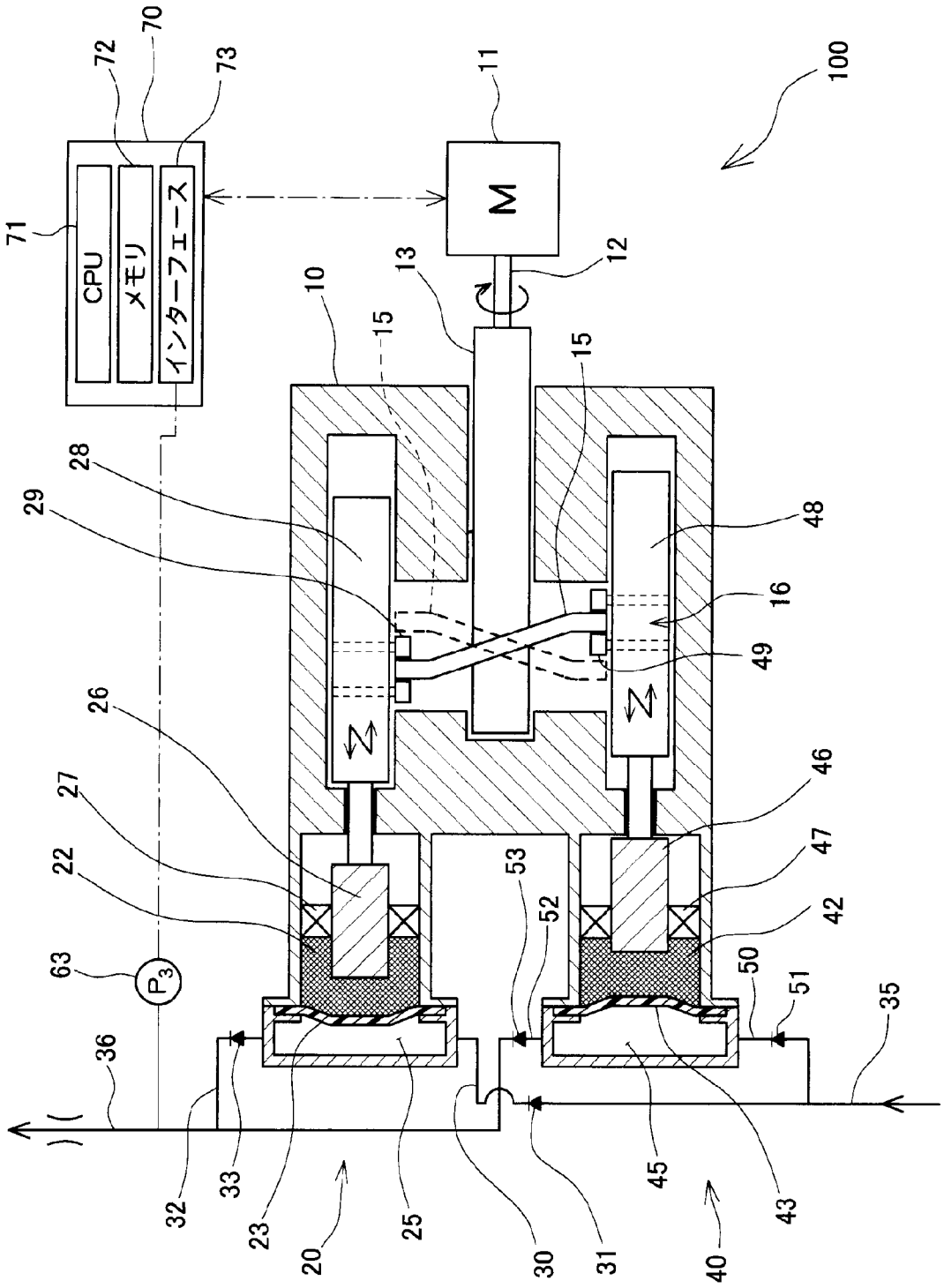
[請求項2] 請求項１に記載の無脈動ポンプであっと、

前記制御部は、前記圧力センサによって検出した先の予備圧縮行程中の前記吐出管の圧力が前記圧力センサによって検出した吐出行程中の前記吐出管の圧力よりも高い場合に、次の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角を先の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角よりも早くする無脈動ポンプ。

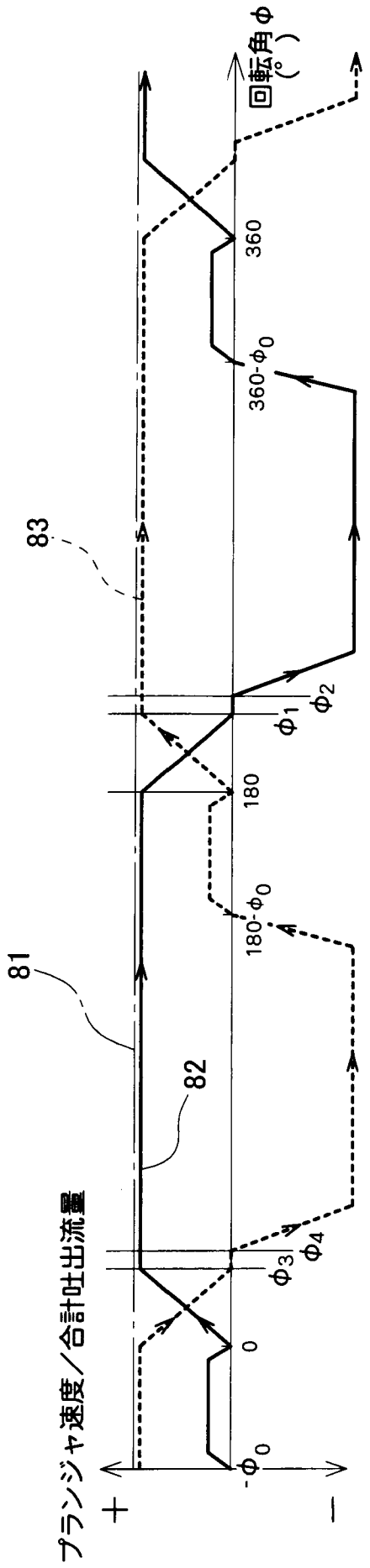
[請求項3] 請求項２に記載の無脈動ポンプであって、

前記制御部は、前記圧力センサによって検出した先の予備圧縮行程中の前記吐出管の圧力が前記圧力センサによって検出した吐出行程中の前記吐出管の圧力よりも低い場合に、次の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角を先の予備圧縮行程中の前記モータの回転数の低減を開始する前記回転カムの回転角よりも遅くする無脈動ポンプ。

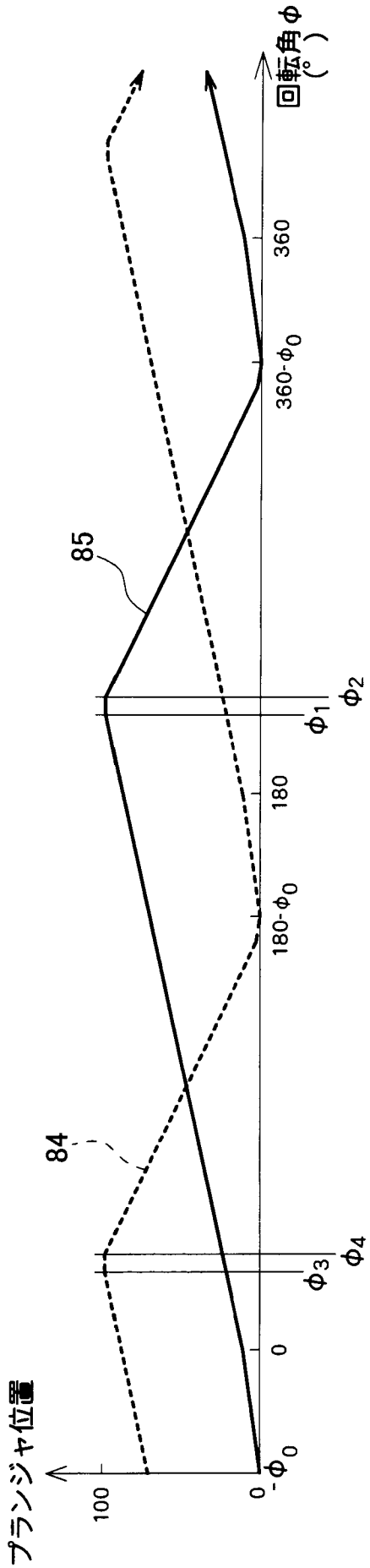
[図1]


100
11
M
12
13
10
15
15
71
CPU
メモリ
インターフェース
72
70
73
28
29
48
16
49
26
27
22
46
47
53
52
42
63
P3
50
51
35
36
32
33
23
20
25
30
31
45
43
40

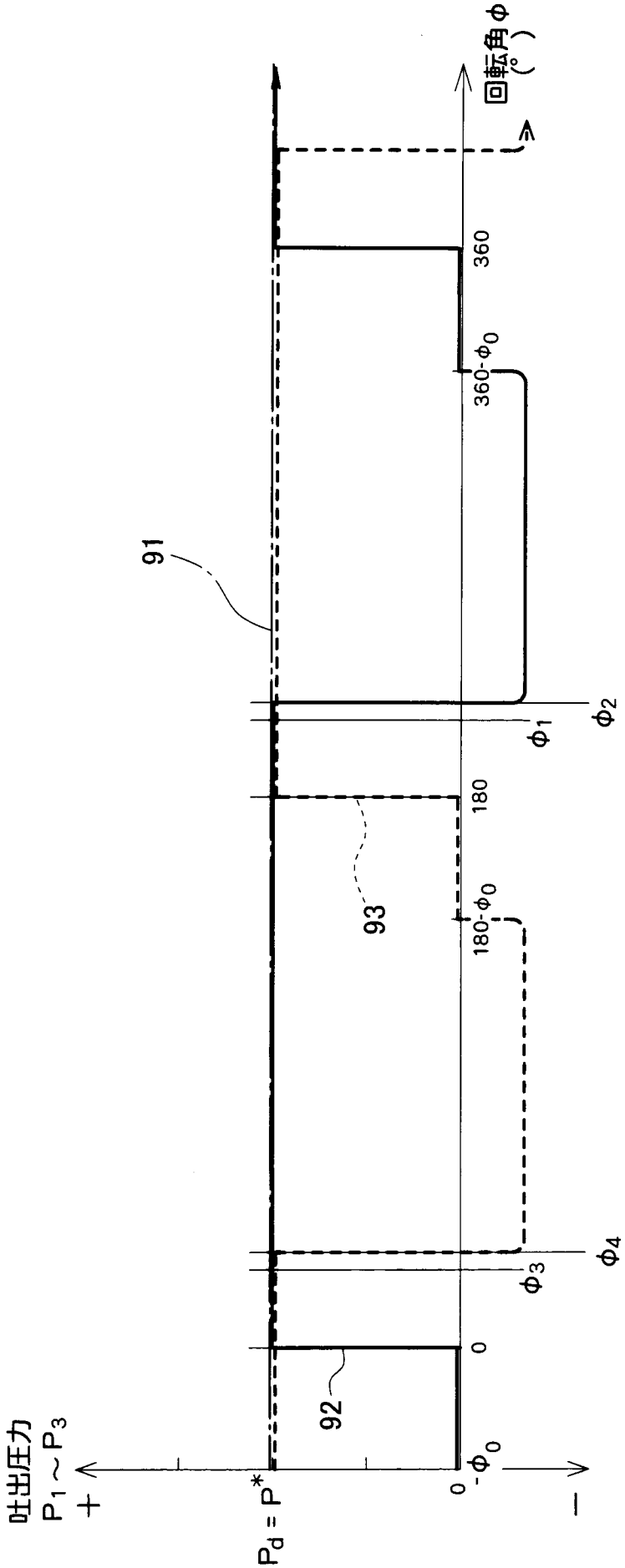
[図2A]


回転角φ
(°)
360
360-φ0
180
180-φ0
0
-φ0
φ1
φ2
φ3
φ4
81
82
83
プランジャ速度／合計吐出流量
+
−

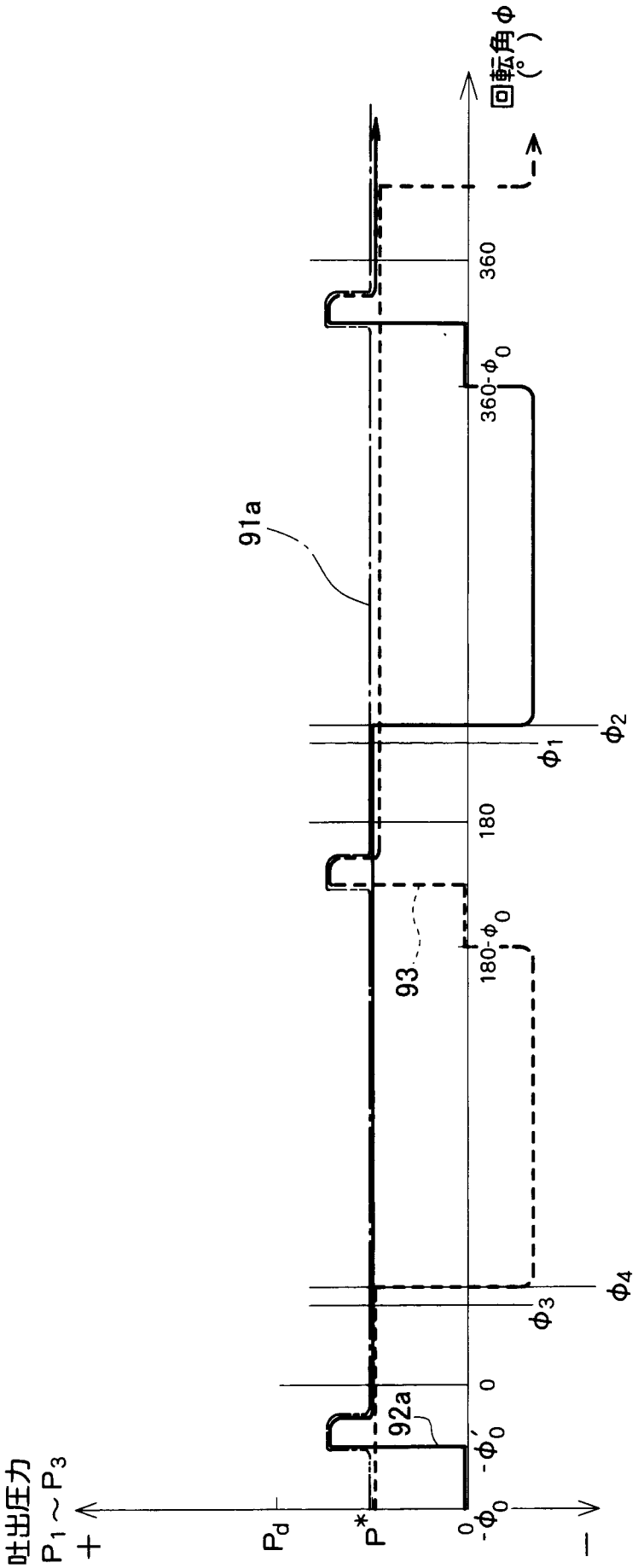
[図2B]



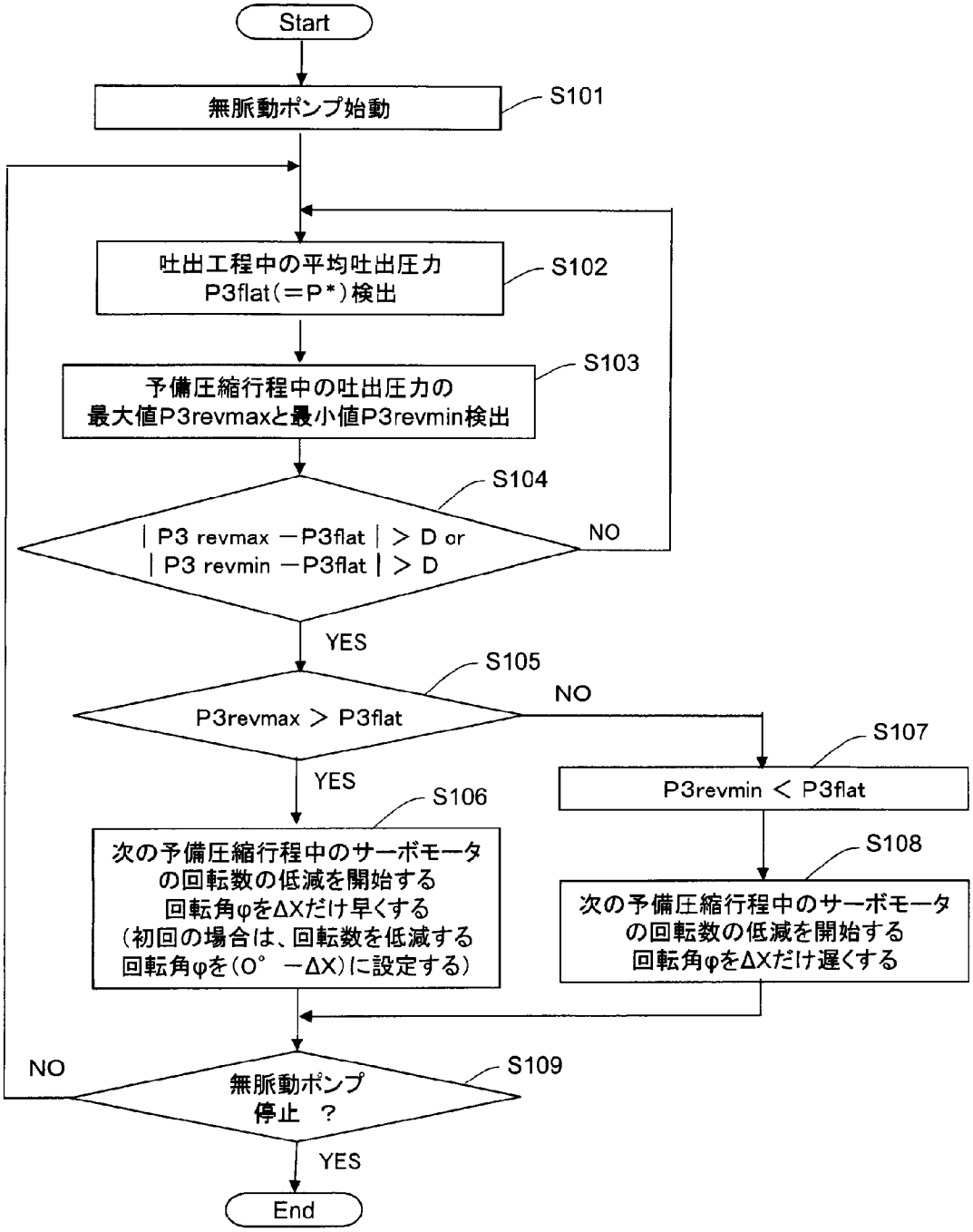
[図2C]



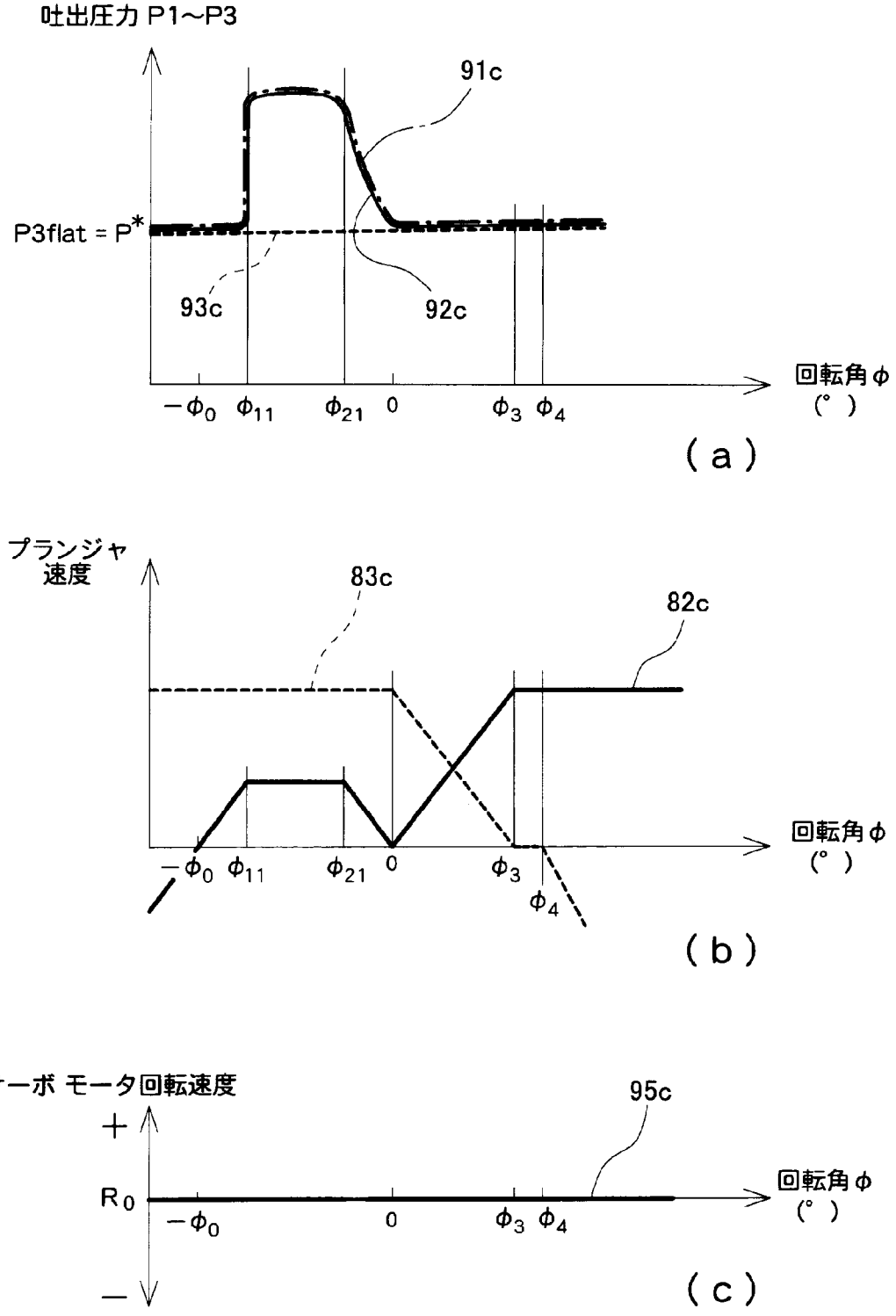
[図2D]


回転角φ
(°)
360
360-φ0
91a
φ2
φ1
180
180-φ0
93
φ4
φ3
0
92a
-φ'0
-φ0
吐出圧力
P1～P3
+
Pd
P*
0
−

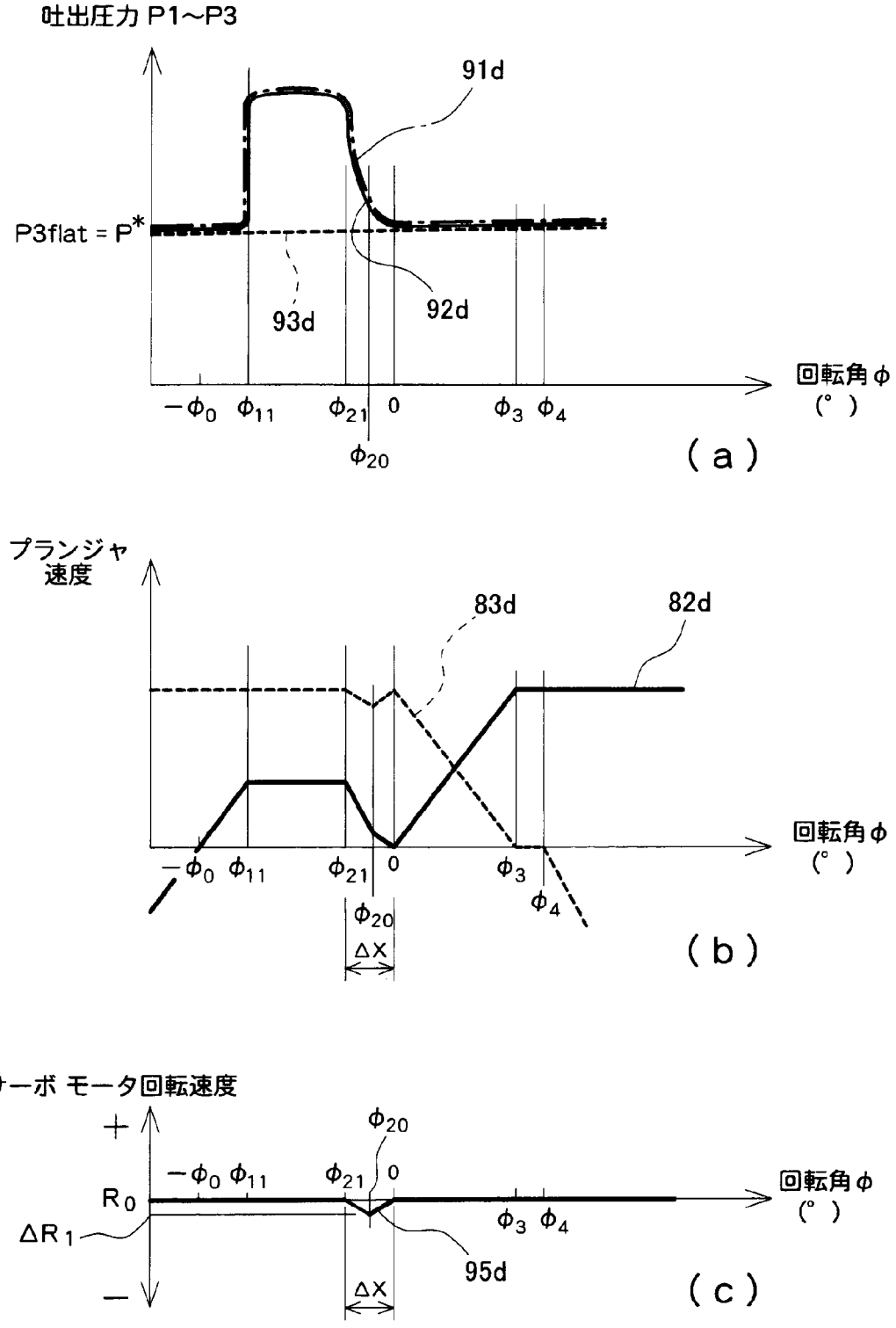
[図3]


Start
無脈動ポンプ始動
S101
吐出工程中の平均吐出圧力
P3flat(＝P*)検出
S102
予備圧縮行程中の吐出圧力の
最大値P3revmaxと最小値P3revmin検出
S103
S104
| P3 revmax －P3flat | ＞ D or
| P3 revmin －P3flat | ＞ D
NO
YES
S105
P3revmax ＞ P3flat
NO
YES
S106
次の予備圧縮行程中のサーボモータ
の回転数の低減を開始する
回転角φをΔXだけ早くする
（初回の場合は、回転数を低減する
回転角φを(0° －ΔX)に設定する）
S107
P3revmin ＜ P3flat
S108
次の予備圧縮行程中のサーボモータ
の回転数の低減を開始する
回転角φをΔXだけ遅くする
NO
無脈動ポンプ
停止 ？
S109
YES
End

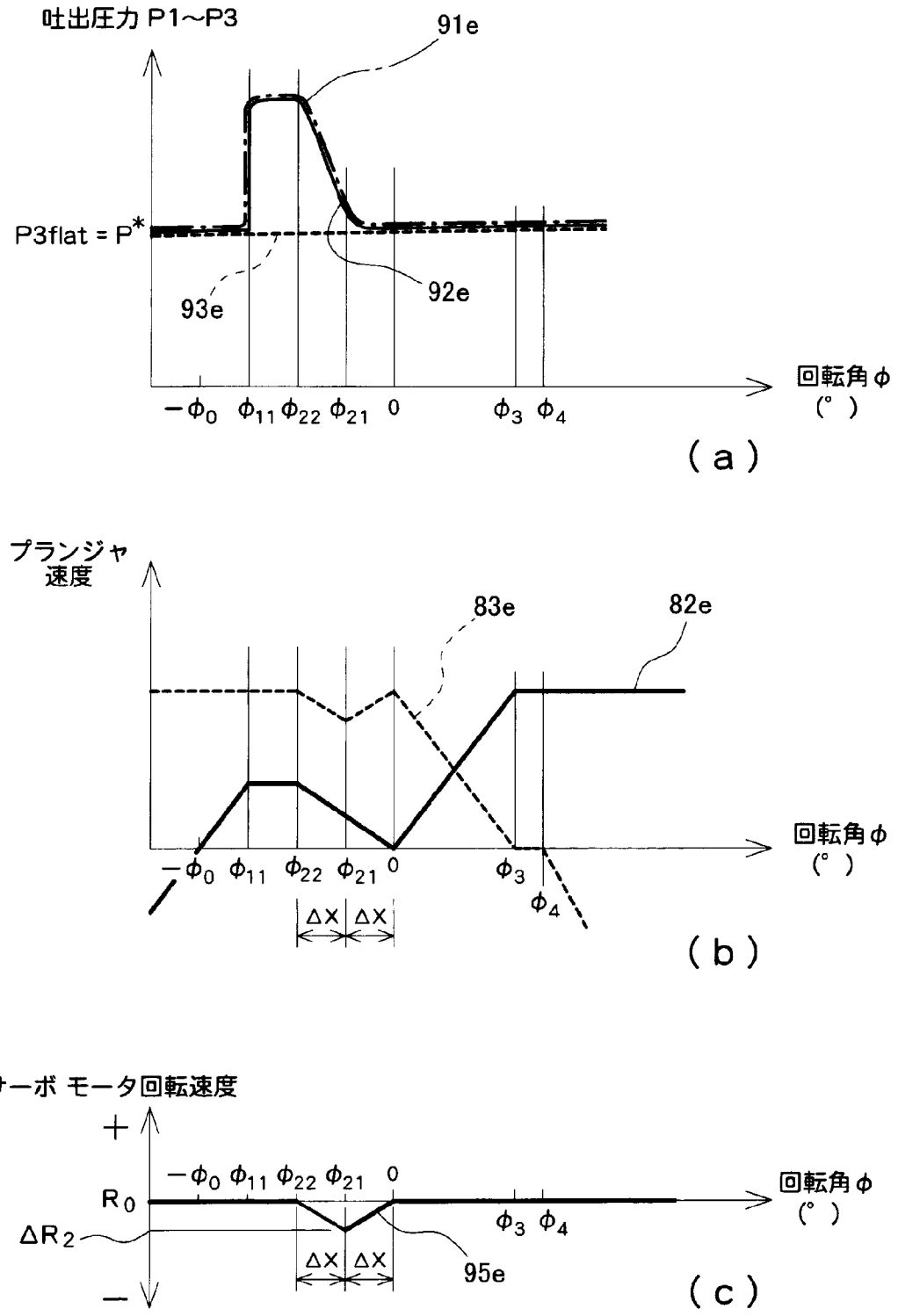
[図4]


吐出圧力 P1～P3
91c
P3flat = P*
93c
92c
回転角 φ
(°)
−φ0 φ11 φ21 0 φ3 φ4
(a)
プランジャ速度
83c
82c
回転角 φ
(°)
−φ0 φ11 φ21 0 φ3 φ4
(b)
サーボ モータ回転速度
95c
+
R0
−
回転角 φ
(°)
−φ0 0 φ3 φ4
(c)

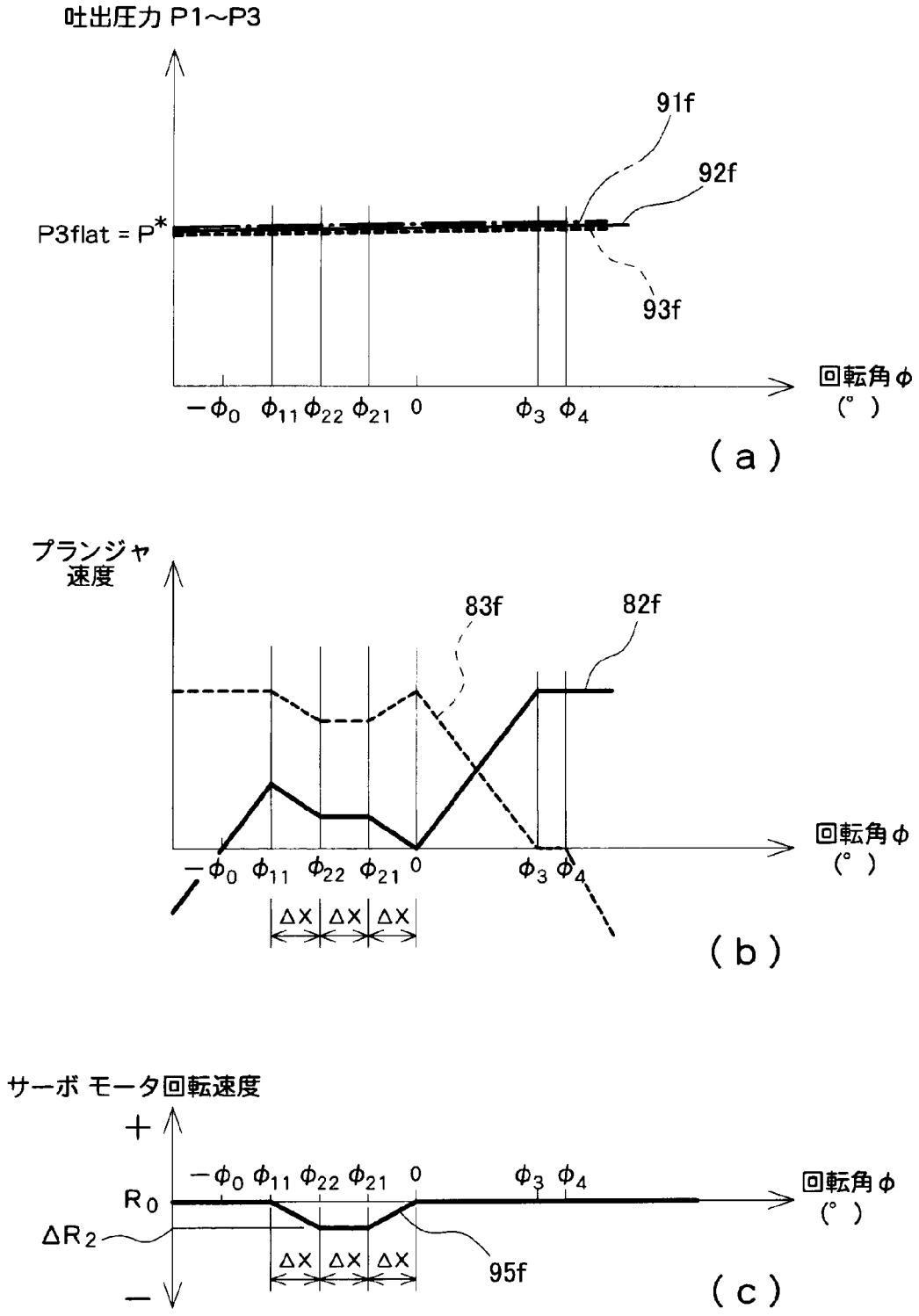
[図5]


吐出圧力 P1～P3
91d
P3flat = P*
93d
92d
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ21 0 φ3 φ4
φ20
(a)
プランジャ速度
83d
82d
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ21 0 φ3 φ4
φ20
ΔX
(b)
サーボ モータ回転速度
+
−φ0 φ11 φ21 φ20 0
R0
ΔR1
φ3 φ4
回転角φ
(°)
95d
−
ΔX
(c)

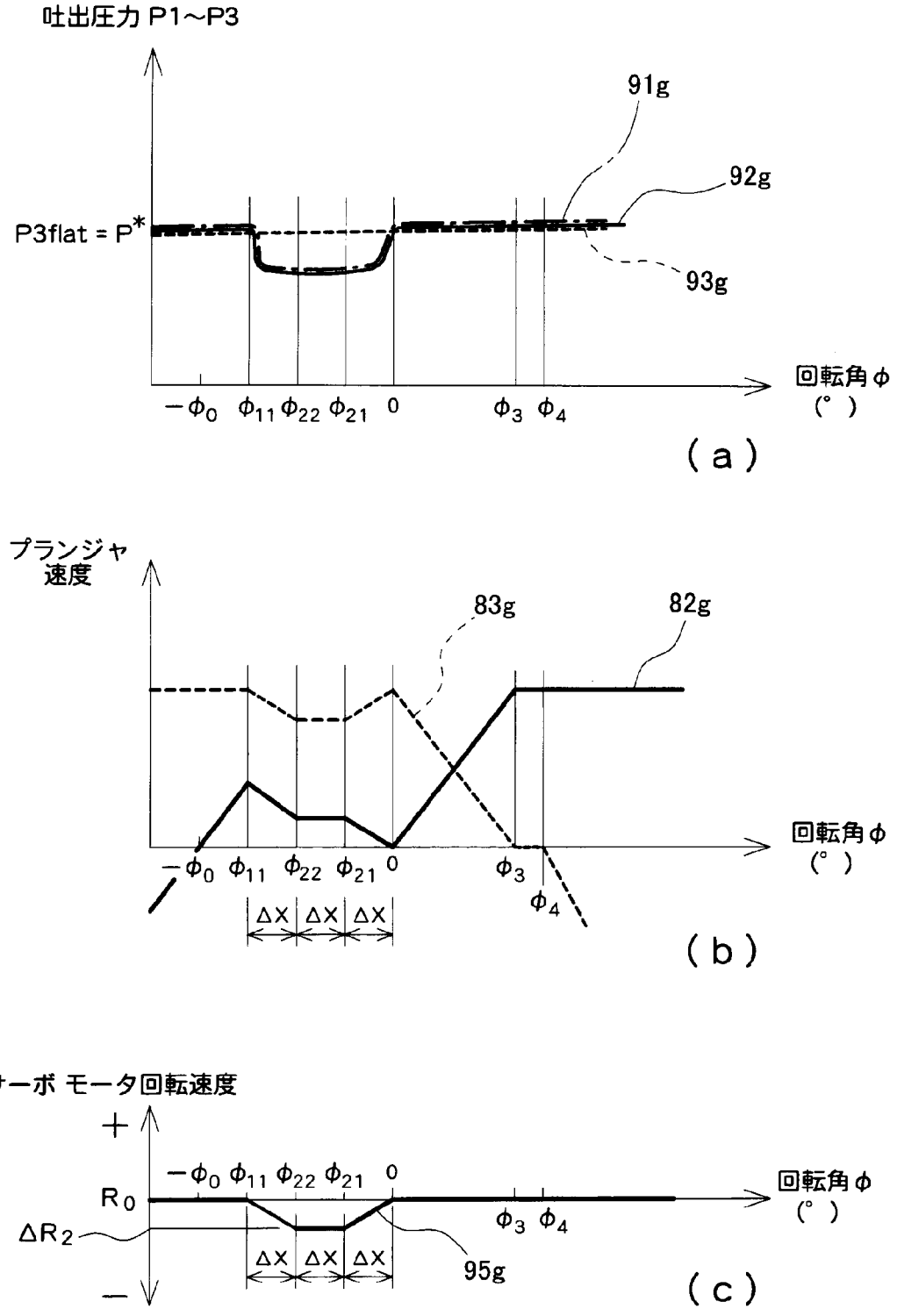
[図6]


吐出圧力 P1～P3
91e
P3flat = P*
93e
92e
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
(a)
プランジャ速度
83e
82e
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
ΔX ΔX
(b)
サーボ モータ回転速度
+
R0
ΔR2
−
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
回転角φ
(°)
ΔX ΔX
95e
(c)

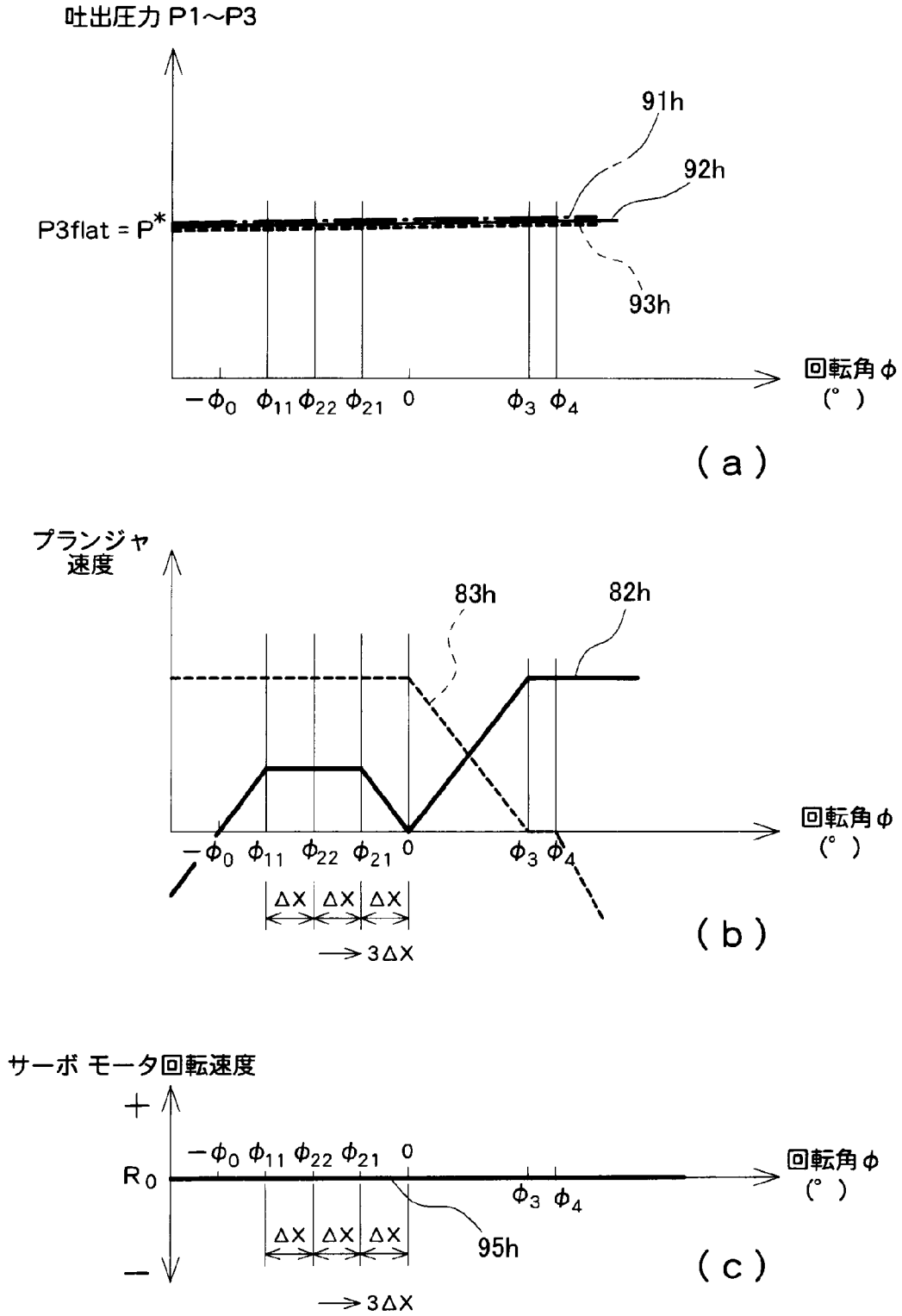
[図7]


吐出圧力 P1～P3
91f
92f
P3flat = P*
93f
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
(a)
プランジャ
速度
83f
82f
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
ΔX ΔX ΔX
(b)
サーボ モータ回転速度
＋
R0
ΔR2
−
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
回転角φ
(°)
ΔX ΔX ΔX
95f
(c)

[図8]


吐出圧力 P1～P3
91g
92g
93g
P3flat = P*
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
(a)
プランジャ速度
83g
82g
回転角φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
ΔX ΔX ΔX
(b)
サーボ モータ回転速度
+
R0
ΔR2
−
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
回転角φ
(°)
ΔX ΔX ΔX
95g
(c)

[図9]


吐出圧力 P1～P3
91h
92h
P3flat = P*
93h
回転角 φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
(a)
プランジャ速度
83h
82h
回転角 φ
(°)
−φ0 φ11 φ22 φ21 0 φ3 φ4
ΔX ΔX ΔX
→3ΔX
(b)
サーボ モータ回転速度
+
R0
−
−φ0 φ11 φ22 φ21 0
φ3 φ4
回転角 φ
(°)
ΔX ΔX ΔX
95h
→3ΔX
(c)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/014932

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*F04B11/00*(2006.01)i, *F04B9/04*(2006.01)i, *F04B13/00*(2006.01)i, *F04B49/06*(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)
F04B11/00, F04B9/04, F04B13/00, F04B49/06

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 | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 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 | US 4359312 A (FUNKE et al.), 16 November 1982 (16.11.1982), column 5, lines 3 to 24; column 7, line 45 to column 8, line 11; fig. 1, 5 to 10 (Family: none) | 1-3 |
| A | JP 9-264261 A (Sugino Machine Ltd.), 07 October 1997 (07.10.1997), paragraphs [0051] to [0053]; fig. 2, 6 (Family: none) | 1-3 |
| A | JP 10-252644 A (Shimadzu Corp.), 22 September 1998 (22.09.1998), paragraphs [0010] to [0011]; fig. 1 to 4 (Family: none) | 1-3 |

☐ 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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 29 June 2017 (29.06.17) | 11 July 2017 (11.07.17) |

| Name and mailing address of the ISA/ | Authorized officer |
|---|---|
| Japan Patent Office<br>3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku,<br>Tokyo 100-8915,Japan | Telephone No. |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１４９３２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F04B11/00(2006.01)i, F04B9/04(2006.01)i, F04B13/00(2006.01)i, F04B49/06(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.　F04B11/00, F04B9/04, F04B13/00, F04B49/06

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 |
|---|---|---|
| X | US 4359312 A (FUNKE et al.)<br>1982.11.16, 第5欄第3-24行, 第7欄第45行-第8欄第11行, 図1, 5-10<br>(ファミリーなし) | 1-3 |
| A | JP 9-264261 A (株式会社スギノマシン)<br>1997.10.07, 段落[0051]-[0053], 図2, 6<br>(ファミリーなし) | 1-3 |

☑　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 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| ２９．０６．２０１７ | １１．０７．２０１７ |


国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｏ　６２０９
冨永　達朗
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

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 |
|---|---|---|
| A | JP 10-252644 A (株式会社島津製作所)<br>1998.09.22, 段落[0010]-[0011], 図 1-4<br>(ファミリーなし) | 1-3 |