

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6794199号  
(P6794199)

(45) 発行日 令和2年12月2日(2020.12.2)

(24) 登録日 令和2年11月13日(2020.11.13)

(51) Int.Cl.

F04C 5/00 (2006.01)  
F04B 43/12 (2006.01)

F 1

F O 4 C 5/00  
F O 4 B 43/123 4 1 N  
T

請求項の数 6 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-179549 (P2016-179549)  
 (22) 出願日 平成28年9月14日 (2016.9.14)  
 (65) 公開番号 特開2018-44488 (P2018-44488A)  
 (43) 公開日 平成30年3月22日 (2018.3.22)  
 審査請求日 令和1年8月2日 (2019.8.2)

(73) 特許権者 591257111  
 サーパス工業株式会社  
 埼玉県行田市下忍2203  
 (74) 代理人 100112737  
 弁理士 藤田 考晴  
 (74) 代理人 100140914  
 弁理士 三吉 貴織  
 (74) 代理人 100136168  
 弁理士 川上 美紀  
 (74) 代理人 100169199  
 弁理士 石本 貴幸  
 (74) 代理人 100172524  
 弁理士 長田 大輔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】チューブポンプシステムおよびその制御方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

軸線回りに円弧状に形成される内周面を有する収容部と、  
 前記内周面に沿って配置されるとともに可撓性を有するチューブと、  
 前記収容部に収容されるとともに前記軸線回りの接触位置から離間位置に至るまで前記  
 チューブを押し潰した状態で前記軸線回りに回転する一対のローラ部と、  
 前記一対のローラ部のそれぞれを前記軸線回りに同方向に回転させる一対の駆動部と、  
 前記チューブの一端から流入した液体を前記チューブの他端から吐出させるよう前記一  
 対の駆動部のそれぞれを制御する制御部と、を備え、

前記チューブの他端には、可撓性を有するとともに内部を流通する液体の圧力を大気圧  
 よりも高い第1所定圧力に維持する配管が接続されており、 10

前記制御部は、前記一対のローラ部の一方が前記離間位置を通過する際に、該一対のロ  
 ーラ部との接触により閉塞された前記チューブ内の液体の圧力が前記第1所定圧力と所定  
 圧力差の第2所定圧力に上昇するように前記一対の駆動部のそれぞれを制御し、かつ前記  
 一対のローラ部の前記一方が前記チューブを押し潰した状態を解除する際に、該一対のロ  
 ーラ部の前記一方の角速度を一時的に増加させるチューブポンプシステム。

## 【請求項 2】

前記配管の内部を流通する液体の流量を計測する流量計を備え、  
 前記制御部は、前記流量計が計測する液体の流量が目標流量となるように前記一対の駆  
 動部のそれぞれを制御する請求項1に記載のチューブポンプシステム。 20

**【請求項 3】**

前記第1所定圧力が、30 kPaG以上かつ150 kPaG以下である請求項1または請求項2に記載のチューブポンプシステム。

**【請求項 4】**

軸線回りに円弧状に形成される内周面を有する収容部と、前記内周面に沿って配置されるとともに可撓性を有するチューブと、前記収容部に収容されるとともに前記軸線回りの接觸位置から離間位置に至るまで前記チューブを押し潰した状態で前記軸線回りに回転する一対のローラ部と、前記一対のローラ部のそれぞれを前記軸線回りに同方向に回転させる一対の駆動部と、を備えるチューブポンプシステムの制御方法であって、

前記チューブの一端から流入した液体を前記チューブの他端から吐出させるよう前記一对の駆動部のそれぞれを制御する制御工程を備え、

前記チューブの他端には、可撓性を有するとともに内部を流通する液体の圧力を大気圧よりも高い第1所定圧力に維持する配管が接続されており、

前記制御工程は、前記一対のローラ部の一方が前記離間位置を通過する際に、該一対のローラ部との接觸により閉塞された前記チューブ内の液体の圧力が前記第1所定圧力と所定圧力差の第2所定圧力に上昇するように前記一対の駆動部のそれぞれを制御し、かつ前記一対のローラ部の前記一方が前記チューブを押し潰した状態を解除する際に、該一対のローラ部の前記一方の角速度を一時的に増加させるチューブポンプシステムの制御方法。

**【請求項 5】**

前記配管の内部を流通する液体の流量を計測する計測工程を備え、

前記制御工程は、前記計測工程が計測する液体の流量が目標流量となるように前記一对の駆動部のそれぞれを制御する請求項4に記載のチューブポンプシステムの制御方法。

**【請求項 6】**

前記第1所定圧力が、30 kPaG以上かつ150 kPaG以下である請求項4または請求項5に記載のチューブポンプシステムの制御方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、チューブポンプシステムおよびその制御方法に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

従来、可撓性を有するチューブを複数のローラによって間欠的に押し潰すことによってチューブ内の液体を圧送するチューブポンプが知られている。チューブポンプは、間欠的に液体を圧送するため、圧送される液体に脈動（流量の増減が繰り返される動作）が生じる。

ポンプによって圧送される液体に生じる脈動を抑制する装置として、内部に設けた気室と液室との圧力バランスを保持することで液室に導かれる液体の脈動を抑制するダンパーが知られている（例えば、特許文献1参照）。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】****【特許文献1】特開2000-205201号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

特許文献1に開示されたダンパーをチューブポンプの下流側の流路に設けることにより、液体の脈動を抑制することができる。

しかしながら、特許文献1に開示されたダンパーは、一定量の液体を収容する液室を設けた構造であるため、液室内に流通しない液体が保持される空間（いわゆるデッドボリューム）を有する。そのため、この空間に滞留する液体に雑菌等が発生し、液体の純度が適

10

20

30

40

50

切に維持されない可能性がある。また、特許文献1に開示されたダンパーは、気室と液室とを設けた比較的複雑かつ容積を必要とするため、装置全体が複雑化しつつ大型化してしまう。

#### 【0005】

更に、発明者らは、チューブポンプにおいて、ローラにより押し潰されたチューブが原形に戻る際に、下流側の流路からチューブポンプ側に液体が引き込まれる現象が発生し、この現象によって脈動が生じるという知見を得た。この現象を抑制または消滅させることにより、液体の脈動を更に抑制することができる。

#### 【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、装置を複雑化あるいは大型化させることなく液体の脈動を抑制または消滅させることを可能としたチューブポンプシステムおよびその制御方法を提供することを目的とする。10

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

上記課題を解決するために、本発明のチューブポンプは以下の手段を採用する。

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムは、軸線回りに円弧状に形成される内周面を有する収容部と、前記内周面に沿って配置されるとともに可撓性を有するチューブと、前記収容部に収容されるとともに前記軸線回りの接触位置から離間位置に至るまで前記チューブを押し潰した状態で前記軸線回りに回転する一対のローラ部と、前記一対のローラ部のそれぞれを前記軸線回りに同方向に回転させる一対の駆動部と、前記チューブの一端から流入した液体を前記チューブの他端から吐出させるよう前記一対の駆動部のそれぞれを制御する制御部と、を備え、前記チューブの他端には、可撓性を有するとともに内部を流通する液体の圧力を大気圧よりも高い第1所定圧力に維持する配管が接続されており、前記制御部は、前記一対のローラ部の一方が前記離間位置を通過する際に、該一対のローラ部との接触により閉塞された前記チューブ内の液体の圧力が前記第1所定圧力と所定圧力差の第2所定圧力に上昇するように前記一対の駆動部のそれぞれを制御する。20

#### 【0008】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムによれば、一対のローラ部のそれぞれを一対の駆動部により軸線回りに同方向に回転させることにより、一対のローラ部がチューブを押し潰した状態で接触位置から離間位置に至る。制御部は、一対の駆動部のそれぞれを制御することにより、チューブの一端から流入した液体をチューブの他端から吐出させる。チューブの他端には可撓性を有する配管が接続されており、配管の内部を流通する液体の圧力が大気圧よりも高い第1所定圧力に維持されている。配管の内部の静圧が大気圧よりも高いため、液体の脈動によって配管内の液体の静圧が更に上昇した場合には、配管が弾性変形し、液体の脈動が下流側へ伝達されることが抑制される。30

#### 【0009】

また、本発明の一態様に係るチューブポンプシステムによれば、一対のローラ部の一方が離間位置を通過する際に、一対のローラ部との接触により閉塞されたチューブ内の液体の圧力が第1所定圧力と所定圧力差の第2所定圧力に上昇する。そのため、一対のローラ部の一方が離間位置を通過してローラ部により押し潰されたチューブが原形に戻る際に、離間位置の下流側の液体の圧力と離間位置の上流側の液体の圧力との圧力差が小さくなつて所定圧力差となる。これにより、この圧力差が所定圧力差よりも大きい場合に比べ、一対のローラ部の一方が離間位置を通過する際に、離間位置で液体の流量が変動して液体の脈動が生じることが抑制される。40

#### 【0010】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムにおいて、前記制御部は、前記一対のローラ部の前記一方が前記チューブを押し潰した状態を解除する際に、該一対のローラ部の前記一方の角速度を一時的に増加させる。

このようにすることで、一対のローラ部の一方がチューブを押し潰した状態を解除する際に、一対のローラ部の一方が離間位置の下流側へ向けて液体を吐出する吐出力を一時的50

に高めることができる。そのため、離間位置の下流側の高圧力の液体が、離間位置の上流側の低圧力の流体に向けて引き込まれて液体の脈動が発生することを抑制することができる。

#### 【0011】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムにおいては、前記配管の内部を流通する液体の流量を計測する流量計を備え、前記制御部は、前記流量計が計測する液体の流量が目標流量となるように前記一対の駆動部のそれぞれを制御してもよい。

このようにすることで、液体の脈動が発生することを抑制しつつ、流量計が計測する液体の流量が目標流量となるように一対の駆動部のそれぞれを制御することができる。

#### 【0012】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムにおいては、前記第1所定圧力が、30kPaG以上かつ150kPaG以下であってもよい。

このようにすることで、配管を流通する液体の第1所定圧力を大気圧よりも十分に高くなり、液体の脈動が配管から更に下流側へ伝達されることが抑制される。

#### 【0013】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムの制御方法は、軸線回りに円弧状に形成される内周面を有する収容部と、前記内周面に沿って配置されるとともに可撓性を有するチューブと、前記収容部に収容されるとともに前記軸線回りの接触位置から離間位置に至るまで前記チューブを押し潰した状態で前記軸線回りに回転する一対のローラ部と、前記一対のローラ部のそれぞれを前記軸線回りに同方向に回転させる一対の駆動部と、を備えるチューブポンプシステムの制御方法であって、前記チューブの一端から流入した液体を前記チューブの他端から吐出させるよう前記一対の駆動部のそれぞれを制御する制御工程を備え、前記チューブの他端には、可撓性を有するとともに内部を流通する液体の圧力を大気圧よりも高い第1所定圧力に維持する配管が接続されており、前記制御工程は、前記一対のローラ部の一方が前記離間位置を通過する際に、該一対のローラ部との接触により閉塞された前記チューブ内の液体の圧力が前記第1所定圧力と所定圧力差の第2所定圧力に上昇するように前記一対の駆動部のそれぞれを制御する。

#### 【0014】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムの制御方法によれば、一対の駆動部のそれぞれを制御することにより、チューブの一端から流入した液体をチューブの他端から吐出させることができる。チューブの他端には可撓性を有する配管が接続されており、配管の内部を流通する液体の圧力が大気圧よりも高い第1所定圧力に維持されている。配管の内部の静圧が大気圧よりも高いため、液体の脈動によって配管内の液体の静圧が更に上昇した場合には、配管が弾性変形し、液体の脈動が下流側へ伝達されることが抑制される。

#### 【0015】

また、本発明の一態様に係るチューブポンプシステムの制御方法によれば、一対のローラ部の一方が離間位置を通過する際に、一対のローラ部との接触により閉塞されたチューブ内の液体の圧力が第1所定圧力と所定圧力差の第2所定圧力に上昇する。そのため、一対のローラ部の一方が離間位置を通過してローラ部により押し潰されたチューブが原形に戻る際に、離間位置の下流側の液体の圧力と離間位置の上流側の液体の圧力との圧力差が小さくなつて所定圧力差となる。これにより、この圧力差が所定圧力差よりも大きい場合に比べ、一対のローラ部の一方が離間位置を通過する際に、離間位置で液体の流量が変動して液体の脈動が生じることが抑制される。

#### 【0016】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムの制御方法において、前記制御工程は、前記一対のローラ部の前記一方が前記チューブを押し潰した状態を解除する際に、該一対のローラ部の前記一方の角速度を一時的に増加させる。

このようにすることで、一対のローラ部の一方がチューブを押し潰した状態を解除する際に、一対のローラ部の一方が離間位置の下流側へ向けて液体を吐出する吐出力を一時的に高めることができる。そのため、離間位置の下流側の高圧力の液体が、離間位置の上流

10

20

30

40

50

側の低圧力の流体に向けて引き込まれて液体の脈動が発生することを抑制することができる。

#### 【0017】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムの制御方法において、前記配管の内部を流通する液体の流量を計測する計測工程を備え、前記制御工程は、前記計測工程が計測する液体の流量が目標流量となるように前記一対の駆動部のそれぞれを制御してもよい。

このようにすることで、液体の脈動が発生することを抑制しつつ、計測工程が計測する液体の流量が目標流量となるように一対の駆動部のそれぞれを制御することができる。

#### 【0018】

本発明の一態様に係るチューブポンプシステムの制御方法においては、前記第1所定圧力が、30 kPaG以上かつ150 kPaG以下であってもよい。 10

このようにすることで、配管を流通する液体の第1所定圧力を大気圧よりも十分に高くなり、液体の脈動が配管から更に下流側へ伝達されることが抑制される。

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

本発明によれば、装置を複雑化あるいは大型化させることなく液体の脈動を抑制または消滅させることを可能としたチューブポンプシステムおよびその制御方法を提供することを目的とする。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0020】

【図1】第1実施形態に係る流量制御装置を示す構成図である。 20

【図2】図1に示すチューブポンプの平面図である。

【図3】図2に示すチューブポンプのI-I矢視縦断面図である。

【図4】図3に示すチューブポンプの分解斜視図である。

【図5】図3に示す第1駆動部が第1ローラ部に駆動力を伝達する構造を示す縦断面図である。

【図6】図3に示す第2駆動部が第2ローラ部に駆動力を伝達する構造を示す縦断面図である。

【図7】チューブが閉じた状態のチューブポンプを示す平面図である。

【図8】チューブが開き始める状態のチューブポンプを示す平面図である。 30

【図9】チューブが開いた状態のチューブポンプを示す平面図である。

【図10】第1ローラ部が離間位置に到達した状態のチューブポンプを示す図である。

【図11】図7に示すチューブポンプの部分拡大図である。

【図12】図8に示すチューブポンプの部分拡大図である。

【図13】図9に示すチューブポンプの部分拡大図である。

【図14】図10に示すチューブポンプの部分拡大図である

【図15】図11に示すチューブのII-II矢視断面図である。

【図16】図12に示すチューブのIII-III矢視断面図である。

【図17】図13に示すチューブのIV-IV矢視断面図である。

【図18】図14に示すチューブのV-V矢視断面図である。 40

【図19】第1ローラ部の回転角度に対する第1ローラ部および第2ローラ部の角速度を示すグラフである。

【図20】第1比較例のチューブポンプシステムの流量計が計測する液体の流量を示すグラフである。

【図21】第2比較例のチューブポンプシステムの流量計が計測する液体の流量を示すグラフである。

【図22】第1実施形態のチューブポンプシステムの流量計が計測する液体の流量を示すグラフである。

【図23】第1ローラ部の回転角度に対する第1ローラ部および第2ローラ部の角速度を示すグラフである。 50

**【発明を実施するための形態】****【0021】**

以下に、本発明に係るチューブポンプシステムおよびその制御方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。

**【第1実施形態】**

以下、本発明の第1実施形態のチューブポンプシステム700について、図面を参照して説明する。

本実施形態のチューブポンプシステム700は、流入端701から流出端702へ向けて液体を圧送するとともに、チューブポンプ100により圧送される液体の流量を制御する装置である。

10

**【0022】**

図1に示すように、本実施形態のチューブポンプシステム700は、液体を圧送するチューブポンプ100と、チューブポンプ100からニードルバルブ500へ液体を搬送する配管200と、配管200を流通する液体の圧力を検出する圧力センサ300と、配管200を流通する液体の流量を計測する流量計400と、上流側に配置される配管200を流通する液体の圧力を調整するニードルバルブ500と、チューブポンプ100が吐出する液体の吐出量を制御する制御部600とを備える。

**【0023】**

以下、本実施形態のチューブポンプシステム700が備える各構成について説明する。

チューブポンプ100は、流入端701から流出端702へ向けて液体を圧送する装置である。チューブポンプ100は、可撓性を有するチューブをローラで押し潰した状態でローラを移動させる動作を繰り返すことにより液体を圧送する。チューブポンプ100から配管200に吐出された液体は、流量計400およびニードルバルブ500を通過して流出端702へ到達する。

20

チューブポンプ100の詳細については後述する。

**【0024】**

配管200は、チューブポンプ100からニードルバルブ500へ液体を搬送する配管である。配管200は、チューブポンプ100により圧送される液体の圧力によって弾性変形する可撓性を有する樹脂材料（例えば、シリコン樹脂）により形成されている。配管200は、後述するニードルバルブ500の開度を調整することにより、内部を流通する液体の圧力を大気圧よりも高い第1所定圧力Pr1に維持することができる。

30

配管200の流路長Lは、例えば、約1000mmとするのが望ましい。

**【0025】**

圧力センサ300は、配管200の内部を流通する液体の圧力を検出する装置である。圧力センサ300は、チューブポンプ100からニードルバルブ500へ液体を導く配管200において、流量計400の上流側に配置されている。圧力センサ300は、検出した圧力を制御部600へ伝達する。

**【0026】**

流量計400は、配管200の内部を流通する液体の流量を計測する装置である。流量計400は、チューブポンプ100からニードルバルブ500へ液体を導く配管200において、圧力センサ300の下流側に配置されている。流量計400は、計測した流量を制御部600へ伝達する。

40

**【0027】**

ニードルバルブ500は、弁孔（図示略）に対するニードル状の弁体（図示略）の挿入量を調整することにより、配管200から流出端702へ向けて流通させる流体の流量を調整する装置である。ニードルバルブ500は、チューブポンプ100から流出端702へ液体を導く流路において、流路断面積が最小となる領域を形成する。

**【0028】**

ニードルバルブ500の流路断面積を最小としているのは、ニードルバルブ500の配管抵抗をチューブポンプ100から流出端702へ液体を導く流路において最も高くする

50

ためである。そのため、ニードルバルブ 500 の上流側の配管 200 の液体の静圧が高い状態に維持される。本実施形態においては、配管 200 の内部を流通する液体の圧力が大気圧よりも高い第 1 所定圧力  $P_{r1}$  となるようにニードルバルブ 500 の開度が調整される。

ここで、第 1 所定圧力  $P_{r1}$  は、30 kPa 以上かつ 150 kPa 以下の範囲のいずれかの値に設定するのが望ましい。特に、90 kPa 以上かつ 110 kPa 以下の範囲のいずれかの値に設定するのが望ましい。ここで、G はゲージ圧を意味している。

#### 【0029】

内部の液体の静圧が高い状態に維持される配管 200 を可撓性の樹脂材料によって形成しているのは、液体の脈動によって配管 200 内の静圧がさらに上昇した場合に弾性変形することにより、液体の脈動が下流側に伝達されることを抑制するためである。10

このように、チューブポンプ 100 から流出端 702 へ液体を導く流路において最も配管抵抗の高いニードルバルブ 500 の上流側に可撓性の樹脂材料によって形成される配管 200 を配置することにより、チューブポンプ 100 から圧送される液体の脈動を抑制することができる。

#### 【0030】

制御部 600 は、チューブポンプ 100 が備える可撓性のチューブの一端から流入した液体をチューブの他端から吐出させるよう後述する第 1 駆動部 50 および第 2 駆動部 60 のそれぞれを制御する装置である。

制御部 600 は、圧力センサ 300 から伝達される圧力が第 1 所定圧力  $P_{r1}$  と一致するよう第 1 駆動部 50 および第 2 駆動部 60 のそれぞれを制御する。また、制御部 600 は、流量計 400 が計測する流量が予め定めた目標流量となるよう第 1 駆動部 50 および第 2 駆動部 60 のそれぞれを制御する。制御部 600 による第 1 駆動部 50 および第 2 駆動部 60 の詳細な制御方法については、後述する。20

#### 【0031】

次に、チューブポンプシステム 700 が備えるチューブポンプ 100 について説明する。。

図 2 に示す本実施形態のチューブポンプ 100 は、軸線 X 1 ( 第 1 軸線 ) 回りに第 1 ローラ部 10 ( 第 1 接触部材 ) と第 2 ローラ部 20 ( 第 2 接触部材 ) とを同方向に回転させることにより、流入側端部 101a から流入するチューブ 101 内の流体を流出側端部 101b へ吐出させる装置である。流出側端部 101b には、配管 200 が接続されている。30

なお、図 2 は、図 3 に示すカバー 83 を取り外した状態のチューブポンプ 100 を示すものである。

#### 【0032】

図 2 の正面図に示すように、チューブポンプ 100 には、第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 を収容するローラ収容部 82 の凹所 82a の内周面 82b に沿って、軸線 X 1 回りに円弧状にチューブ 101 が配置される。図 2 に示すように、ローラ収容部 82 に収容される第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 は、チューブ 101 に接触しながら反時計回りの回転方向 ( 図 2 中に矢印で示す方向 ) に沿って軸線 X 1 回りに回転する。40

#### 【0033】

図 2 の正面図において、接触位置 Po1 は、第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 がチューブ 101 から離間した状態からチューブ 101 へ接触した状態へ切り替わる軸線 X 1 回りの位置を示す。また、離間位置 Po2 は、第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 がチューブ 101 に接触した状態からチューブ 101 から離間した状態へ切り替わる軸線 X 1 回りの位置を示す。図 2 に示す破線は、接触位置 Po1 および離間位置 Po2 に配置された第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 を示している。

第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 は、接触位置 Po1 から離間位置 Po2 に至るまでチューブ 101 を内周面 82b との間で押し潰した状態で、それぞれ独立して軸線 X 1 回りを回転する。50

## 【0034】

図3の縦断面図および図4の分解斜視図に示すように、本実施形態のチューブポンプ100は、チューブ101に接触しながら軸線X1回りに回転する第1ローラ部10および第2ローラ部20と、軸線X1上に配置されるとともに第1ローラ部10に連結される駆動軸30(軸部材)と、第2ローラ部20に連結される駆動筒(筒部材)40と、駆動軸30に駆動力を伝達する第1駆動部50と、第2駆動部60と、第2駆動部60の駆動力を駆動筒40に伝達する伝達機構70(伝達部)と、を備える。

## 【0035】

第1ローラ部10は、チューブ101と接触しながら軸線X1と平行な軸線回りに回転する第1ローラ11と、軸線X1回りに一体に回転するように駆動軸30に連結された第1ローラ支持部材12と、両端部が第1ローラ支持部材12に支持されるとともに第1ローラ11を回転可能に取り付ける第1ローラシャフト13とを有する。10

## 【0036】

第2ローラ部20は、チューブ101と接触しながら軸線X1と平行な軸線回りに回転する第2ローラ21と、軸線X1回りに一体に回転するように駆動筒40に連結された第2ローラ支持部材22と、両端部が第2ローラ支持部材22に支持されるとともに第2ローラ21を回転可能に取り付ける第2ローラシャフト23とを有する。

## 【0037】

図3に示すように、第1駆動部50および第2駆動部60は、ケーシング(収容部材)80の内部に収容されている。ケーシング80の内部には、伝達機構70を収容するためのギヤ収容部81と、第1駆動部50および第2駆動部60を支持する支持部材90が取り付けられている。また、ケーシング80の上部には、第1ローラ部10と第2ローラ部20とを収容するためのローラ収容部82が取り付けられている。20

## 【0038】

ローラ収容部82は、第1ローラ部10および第2ローラ部20を収容する凹所82aを有する。凹所82aには、軸線X1回りに円弧状に形成される内周面82bが設けられている。

図3に示すように、チューブ101は、内周面82bに沿って軸線X1回りに円弧状に配置されている。

## 【0039】

支持部材90には、軸線X1に沿って延びる第1貫通穴91と軸線X2に沿って延びる第2貫通穴92が形成されている。第1駆動部50は、支持部材90に形成された第1貫通穴91に第1駆動軸51を挿入した状態で支持部材90に締結ボルト(図示略)により取り付けられている。同様に、第2駆動部60は、支持部材90に形成された第2貫通穴92に第2駆動軸61を挿入した状態で支持部材90に締結ボルト(図示略)により取り付けられている。このように、第1駆動部50および第2駆動部60のそれぞれは、一体に形成された部材である支持部材90に取り付けられている。30

## 【0040】

ここで、第1駆動部50が第1ローラ部10に駆動力を伝達する構造について、図5を参照して説明する。図5において、実線で示す部分が、第1駆動部50の駆動力を第1ローラ部10に伝達する構造を構成する部分である。40

図5に示すように、第1駆動部50は、軸線X1上に配置されて駆動軸30に連結される第1駆動軸51を有する。第1駆動軸51は、軸線X1に直交する方向に延びるピン51aを挿入した状態で駆動軸30の下端に取り付けられている。ピン51aにより駆動軸30が第1駆動軸51に対して軸線X1回りに相対的に回転しないように固定されている。そのため、第1駆動部50が第1駆動軸51を軸線X1回りに回転させると、第1駆動軸51の駆動力が駆動軸30に伝達され、駆動軸30が軸線X1回りに回転する。

## 【0041】

第1駆動部50は、第1駆動軸51と、第1電動モータ52と、第1電動モータ52が回転させる回転軸(図示略)の回転を減速して第1駆動軸51に伝達する第1減速機53

とを有する。第1駆動部50は、第1電動モータ52の駆動力を第1駆動軸51に伝達することにより、第1駆動軸51を軸線X1回りに回転させる。

#### 【0042】

第1駆動軸51には、第1駆動軸51とともに軸線X1回りに回転する位置検出用部材51bが取り付けられている。位置検出用部材51bは、円環状に形成される外周縁部に軸線X1回りの周方向に第1ローラ部10の軸線X1回りの回転位置を検出するためのスリット(図示略)が形成されている。

#### 【0043】

図5に示すように、位置検出用部材51bの外周縁部の上面と下面を挟み込むように位置検出センサ54が配置されている。位置検出センサ54は、上面側および下面側の一方に発光素子を配置し、上面側および下面側の他方に受光素子を配置したセンサである。位置検出センサ54は、位置検出用部材51bの軸線X1回りの回転に伴ってスリットにより発光素子が発光する光が通過することを受光素子で検知することにより、第1ローラ部10が軸線X1回りのどの位置に配置されているかを示す回転位置を検出し、制御部60へ送信するものである。10

#### 【0044】

駆動軸30は、その下端が第1駆動軸51に連結され、その上端がカバー83に形成された挿入穴に挿入される。カバー83の挿入穴には、第1駆動軸51の先端を軸線X1回りに回転可能に支持する第3軸受部材33が挿入されている。

また、駆動軸30は、外周面に沿って挿入された円筒状の第1軸受部材31と、第1軸受部材31とは独立に形成された円筒状の第2軸受部材32とにより、駆動筒40の内周側に軸線X1回りに回転可能に支持されている。20

#### 【0045】

このように、駆動軸30は、下端側の外周面が第1軸受部材31により支持され、中央部の外周面が第2軸受部材32により支持され、先端側の外周面が第3軸受部材33により支持されている。そのため、駆動軸30は、中心軸を軸線X1上に保持した状態で軸線X1回りに円滑に回転する。

ここで、図4に示すように第1軸受部材31と第2軸受部材32とが軸線X1方向に離れた状態で配置されているのは、駆動筒40の内周面に軸線X1回りに延びる無端状の環状突起部40aが形成されているからである。30

#### 【0046】

駆動軸30の先端側には、第1ローラ部10の第1ローラ支持部材12が軸線X1回りに一体に回転するように連結されている。

以上のように、第1駆動部50が第1駆動軸51を軸線X1回りに回転させる駆動力は、第1駆動軸51から駆動軸30を介して第1ローラ部10に伝達される。

#### 【0047】

図4に示すように、駆動軸30の下端は円環状に形成されるスラスト軸受35の上面に支持されており、スラスト軸受35の下面是支持部材90により支持されている。そのため、駆動軸30に軸線X1に沿って下方に向けたスラスト力が加わった場合には、そのスラスト力は第1減速機53および第1電動モータ52に伝達されることなく、スラスト軸受35により支持される。40

そのため、駆動軸30に軸線X1に沿って下方に向けたスラスト力が加わった場合に、そのスラスト力によって第1減速機53および第1電動モータ52に衝撃が加わることが抑制される。

#### 【0048】

次に、第2駆動部60が第1ローラ部10に駆動力を伝達する構造について、図6を参照して説明する。図6において、実線で示す部分が、第2駆動部60の駆動力を第2ローラ部20に伝達する構造を構成する部分である。図6に示す構造は、第2ローラ部20と、駆動筒40と、第2駆動部60と、伝達機構70とを有する。

図6に示す伝達機構70は、軸線X1と平行な軸線X2(第2軸線)回りに回転する第50

1 ギヤ部 7 1 と、第 1 ギヤ部 7 1 から第 2 駆動軸 6 1 の駆動力が伝達される第 2 ギヤ部 7 2 を有する。伝達機構 7 0 は、第 2 駆動軸 6 1 の軸線 X 2 回りの駆動力を駆動筒 4 0 の外周面に伝達して駆動筒 4 0 を軸線 X 1 回りに回転させる。

#### 【 0 0 4 9 】

図 6 に示すように、第 2 駆動部 6 0 は、軸線 X 2 上に配置される第 2 駆動軸 6 1 と、第 2 電動モータ 6 2 と、第 2 電動モータ 6 2 が回転させる回転軸（図示略）の回転を減速して第 2 駆動軸 6 1 に伝達する第 2 減速機 6 3 とを有する。第 2 駆動部 6 0 は、第 2 電動モータ 6 2 の駆動力を第 2 駆動軸 6 1 に伝達することにより、第 2 駆動軸 6 1 を軸線 X 2 回りに回転させる。

#### 【 0 0 5 0 】

第 2 駆動軸 6 1 は、軸線 X 2 回りに円筒状に形成される第 1 ギヤ部 7 1 の中心部に形成された挿入穴に挿入されている。第 1 ギヤ部 7 1 は、第 2 駆動軸 6 1 が挿入された状態で固定ネジ 7 1 a を締結して固定ネジ 7 1 a の先端を第 2 駆動軸 6 1 に突き当てるにより、第 2 駆動軸 6 1 に固定される。このようにして、第 1 ギヤ部 7 1 は、第 2 駆動軸 6 1 に連結されて第 2 駆動軸 6 1 とともに軸線 X 2 回りに回転する。

#### 【 0 0 5 1 】

第 1 ギヤ部 7 1 の軸線 X 2 回りに形成された第 1 ギヤ 7 1 b は、第 2 ギヤ部 7 2 の軸線 X 1 回りに形成された第 2 ギヤ 7 2 b と係合している。そのため、第 1 ギヤ部 7 1 の軸線 X 2 回りの回転による駆動力は、第 2 ギヤ部 7 2 を軸線 X 1 回りに回転させる駆動力として伝達される。

#### 【 0 0 5 2 】

第 1 ギヤ部 7 1 には、第 2 駆動軸 6 1 とともに軸線 X 1 回りに回転する位置検出用部材 7 1 c が形成されている。位置検出用部材 7 1 c は、円環状に形成される外周縁部に軸線 X 2 回りの周方向に第 2 ローラ部 2 0 の軸線 X 1 回りの回転位置を検出するためのスリット（図示略）が形成されている。

#### 【 0 0 5 3 】

図 6 に示すように、位置検出用部材 7 1 c の外周縁部の上面と下面を挟み込むように位置検出センサ 6 4 が配置されている。位置検出センサ 6 4 は、上面側および下面側の一方に発光素子を配置し、上面側および下面側の他方に受光素子を配置したセンサである。位置検出センサ 6 4 は、位置検出用部材 7 1 c の軸線 X 2 回りの回転に伴ってスリットにより発光素子が発光する光が通過することを受光素子で検知することにより、第 2 ローラ部 2 0 が軸線 X 1 回りのどの位置に配置されているかを示す回転位置を検出し、制御部 6 0 0 へ送信するものである。

#### 【 0 0 5 4 】

駆動筒 4 0 は、軸線 X 1 回りに円筒状に形成される第 2 ギヤ部 7 2 の中心部に形成された挿入穴に挿入されている。挿入穴は、駆動筒 4 0 の外周面に連結される内周面を有する穴である。

第 2 ギヤ部 7 2 は、駆動筒 4 0 が挿入された状態で固定ネジ 7 2 a を締結して固定ネジ 7 2 a の先端を駆動筒 4 0 に突き当てるにより、駆動筒 4 0 に固定される。このようにして、第 2 ギヤ部 7 2 は、駆動筒 4 0 に連結されて駆動筒 4 0 とともに軸線 X 1 回りに回転する。

#### 【 0 0 5 5 】

図 6 に示すように、駆動筒 4 0 は、駆動軸 3 0 の外周側に第 1 軸受部材 3 1 および第 2 軸受部材 3 2 を挟んだ状態で配置されている。そのため、駆動筒 4 0 は、駆動軸 3 0 と独立して軸線 X 1 回りに回転可能となっている。駆動軸 3 0 は第 1 駆動部 5 0 による駆動力により軸線 X 1 回りに回転し、駆動筒 4 0 は駆動軸 3 0 とは独立した状態で、第 2 駆動部 6 0 による駆動力により軸線 X 1 回りに回転する。

#### 【 0 0 5 6 】

駆動筒 4 0 の先端側には、第 2 ローラ部 2 0 の第 2 ローラ支持部材 2 2 が軸線 X 1 回りに一体に回転するように連結されている。

10

20

30

40

50

以上のように、第2駆動部60が第2駆動軸61を軸線X2回りに回転させる駆動力は、伝達機構70によって駆動筒40の外周面に伝達され、駆動筒40から第2ローラ部20に伝達される。

#### 【0057】

次に、本実施形態のチューブポンプシステム700により実行される液体の吐出について、図面を参照して説明する。

図1に示すように、本実施形態のチューブポンプシステム700は、チューブポンプ100から配管200へ吐出される液体の圧力を圧力センサ300で検出し、制御部600へ伝達する。また、チューブポンプシステム700は、配管200を流通する液体の流量を流量計で計測し、制御部600へ伝達する。制御部600は、配管200を流通する液体の流量が目標流量と一致するように、第1ローラ部10および第2ローラ部20の軸線X1回りの角速度を制御する。また、チューブポンプシステム700の作業者は、圧力センサ300が検出する圧力が第1所定圧力Pr1と一致するように、ニードルバルブ500の開度を調整する。  
10

#### 【0058】

図1に示すチューブポンプシステム700は、チューブポンプ100の第1駆動部50および第2駆動部60を制御するための制御信号を制御部600からチューブポンプ100へ送信する。

なお、チューブポンプ100を、制御部600が内部に組み込まれた装置として構成するようにしてもよい。この場合、チューブポンプ100の内部に組み込まれた制御部600が第1駆動部50および第2駆動部60を制御するための制御信号を生成し、第1駆動部50および第2駆動部60へ伝達する。  
20

#### 【0059】

図7から図18に示す例は、チューブ101の流入側端部101aから脈動が発生していない液体（流量の変動が発生していない液体）が流入し、それを脈動が発生しない状態で流出側端部101bから吐出するようにした例である。

図7-図10はチューブポンプ100を示す平面図であり、第1ローラ部10が離間位置Po2に近づく様子を時系列で示している。図11-図14は、それぞれ図7-図10に示すチューブポンプ100の第1ローラ11の近傍の部分拡大図である。図15-図18は、それぞれ図11-図14に示すチューブ101の縦断面図である。  
30

#### 【0060】

図7は、チューブ101が閉じた状態のチューブポンプ100を示す平面図である。チューブ101が閉じた状態とは、図11および図15に示すように第1ローラ部10の第1ローラ11がチューブ101を押し潰した状態をいう。この時点において、図15に示すチューブ101の流路断面積は0となる。

#### 【0061】

図8は、チューブ101が開き始める状態のチューブポンプ100を示す平面図である。チューブ101が開き始める状態とは、図12および図16に示すように第1ローラ部10の第1ローラ11がチューブ101を押し潰した状態の解除が開始される状態をいう。この時点において、図16に示すチューブ101の流路断面積は0よりも大きな値となる。  
40

#### 【0062】

図9は、チューブ101が開いた状態のチューブポンプ100を示す平面図である。チューブ101が開いた状態とは、図13および図17に示すように第1ローラ部10の第1ローラ11がチューブ101を押し潰した状態が解除された状態をいう。この時点において、図17に示すチューブ101の流路断面積は第1ローラ11が接触しない状態と同じ流路断面積となる。

#### 【0063】

図10は、第1ローラ部10が離間位置Po2に到達した状態のチューブポンプ100を示す平面図である。第1ローラ部10が離間位置Po2に到達した状態とは、図14お  
50

より図18に示すように、第1ローラ部10によるチューブ101の変形が解除された状態をいう。この時点において、図18に示すチューブ101の流路断面積は図17に示すチューブ101の流路断面積と同じである。これは、第1ローラ部10が図9に示す位置に到達した後は、チューブ101の変形が徐々に開示されるもののチューブ101の流路断面積が変化しないことを意味している。

#### 【0064】

図19は、第1ローラ部10の回転角度(°)に対する第1ローラ部10および第2ローラ部20の角速度(rad/s)を示すグラフである。ここで、第1ローラ部10の回転角度とは、図7に示す各位置を0°, 90°, 180°, 270°とした軸線X1回りの角度をいう。

図1に示す制御部600は、第1ローラ部10が離間位置Po2を通過する際に、第1ローラ部10および第2ローラ部20が図19に示す角速度で回転するように、第1駆動部50および第2駆動部60を制御するための制御信号をチューブポンプ100へ送信する。

#### 【0065】

次に、図19を参照して、第1ローラ部10が離間位置Po2を通過する際の制御部600によるチューブポンプ100の制御方法について説明する。なお、以下では第1ローラ部10が離間位置Po2を通過する際の制御方法を説明するが、第2ローラ部20が離間位置Po2を通過する際の制御方法も同様であるので、以下の説明を省略する。

#### 【0066】

図7に示すように、離間位置Po2は、軸線X1回りの回転角度が270°より大きく360°(0°)より小さい範囲に存在している。以下では、図19に示す時刻T1から時刻T4までにチューブポンプ100が実行する動作を説明する。時刻T1は図7に示すチューブ101が閉じた状態に対応し、時刻T2は図8に示すチューブ101が開き始める状態に対応する。また、時刻T3は図9に示すチューブ101が開いた状態に対応し、時刻T4は図10に示す第1ローラ部10が離間位置Po2に到達した状態に対応する。

#### 【0067】

制御部600は、時刻T1に至る直前においては、第1ローラ部10および第2ローラ部20の双方を角速度Vに維持したままとする。この場合、第1ローラ部10および第2ローラ部20の角速度が同一であるため、これらの回転角度差が一定に維持される。

制御部600は、時刻T1において、第1ローラ部10を角速度Vに維持したまま第2ローラ部20を角速度Vからその2倍の角速度である角速度2Vに増加させる。なお、ここでは2倍の角速度に増加させるものとしたが、チューブポンプ100の各部の特性に応じて、角速度Vより大きい任意の角速度へ増加させてもよい。

#### 【0068】

制御部600が時刻T1から第2ローラ部20の角速度を増加させているのは、第1ローラ部10と第2ローラ部20との軸線X1回りの角度差を減少させるためである。

図7および図8に示すように、時刻T1, T2においては、チューブ101の一部が第1ローラ部10および第2ローラ部20との接触により押し潰されて閉塞された状態となっている。そのため、第1ローラ部10と第2ローラ部20との軸線X1回りの角度差が減少すると、閉塞されたチューブ101の内部の体積が減少し、内部に存在する液体の圧力が上昇する。

#### 【0069】

制御部600は、チューブ101が開き始める状態となる時刻T2においてチューブ101内の液体の圧力が、配管200の液体の圧力である第1所定圧力Pr1との圧力差が所定圧力差となる第2所定圧力Pr2に上昇するように第1駆動部50および第2駆動部60を制御する。

ここで、所定圧力差としては、第1所定圧力Pr1の0.2倍以内とするのが望ましい。すなわち、第2所定圧力Pr2が以下の条件式(1)を満たすようにするのが望ましい。

10

20

30

40

50

0 . 8 P r 1    P r 2    1 . 2 P r 1                         ( 1 )

**【 0 0 7 0 】**

制御部 600 は、条件式(1)を満たす第2所定圧力  $P_{r2}$  となるようにチューブ 101 内の液体の圧力を上昇させる。これにより、チューブ 101 が開き始める状態において、チューブ 101 が開き始める位置の上流側と下流側の液体の圧力差が小さくなる。そのため、チューブ 101 が開き始める位置の上流側と下流側との間で液体の出入りが起こり、それにより脈動が生じるという不具合を抑制することができる。

**【 0 0 7 1 】**

制御部 600 は、チューブ 101 が開き始める状態となる時刻  $T_2$  を経過した後も、時刻  $T_3$  に至るまでは角速度  $V_2$  を維持する。これは、時刻  $T_2$  が経過してもチューブ 101 が開いた状態である時刻  $T_3$  に至るまでは、チューブ 101 の流路断面積が上昇するからである。制御部 600 は、チューブ 101 の流路断面積が上昇する際に、チューブ 101 が開く位置の上流側と下流側との間で液体の出入りが生じないように、第1ローラ部 10 の角速度よりも第2ローラ部 20 の角速度を高い速度に維持する。  
10

**【 0 0 7 2 】**

制御部 600 は、チューブ 101 が開いた状態となる時刻  $T_3$  を経過した後に、第2ローラ部 20 を角速度  $V_2$  から角速度  $V$  まで減速する。制御部 600 は、時刻  $T_4$  に到達した後は、第1ローラ部 10 と第2ローラ部 20 を角速度  $V$  に維持する。

**【 0 0 7 3 】**

次に、本実施形態のチューブポンプシステム 700 により制御される液体の流量について、比較例と対比しながら説明する。  
20

図 20 は、第1比較例のチューブポンプシステムの流量計が計測する液体の流量を示すグラフである。図 21 は、第2比較例のチューブポンプシステムの流量計が計測する液体の流量を示すグラフである。図 22 は、本実施形態のチューブポンプシステム 700 の流量計 400 が計測する液体の流量を示すグラフである。

**【 0 0 7 4 】**

第1比較例は、図 1 に示すチューブポンプシステム 700 からニードルバルブ 500 を除去した例である。また、第1比較例は、第1ローラ部 10 および第2ローラ部 20 をそれぞれ一定の角速度  $V$  で等速回転させた例である。

第1比較例は、ニードルバルブ 500 を設けないシステムであるため、チューブポンプ 100 の下流側の配管 200 を流通する流体の圧力が大気圧と一致している。そのため、第1比較例では、振幅が  $2 \text{ m} \text{l} / \text{m} \text{i} \text{n}$  程度の連続的な第1の脈動が生じている。  
30

また、第1比較例は、第1ローラ部 10 および第2ローラ部 20 をそれぞれ一定の角速度  $V$  で等速回転させているため、第1ローラ部 10 および第2ローラ部 20 が離間位置  $P_{o2}$  を通過する際に脈動が生じている。図 20 においては、約 2 秒間隔で振幅が  $15 \text{ m} \text{l} / \text{m} \text{i} \text{n}$  程度の周期的な第2の脈動が生じている。

**【 0 0 7 5 】**

第2比較例は、第1ローラ部 10 および第2ローラ部 20 をそれぞれ一定の角速度  $V$  で等速回転させた例である。

第2比較例は、ニードルバルブ 500 を設けたシステムであるため、第1比較例の振幅が  $2 \text{ m} \text{l} / \text{m} \text{i} \text{n}$  程度の第1の脈動が抑制されている。これは、内部の液体の静圧が高い状態に維持される配管 200 が弾性変形することにより、液体の脈動を抑制しているからである。  
40

一方、第2比較例は、第1比較例と同様に、第1ローラ部 10 および第2ローラ部 20 をそれぞれ一定の角速度  $V$  で等速回転させているため、第1ローラ部 10 および第2ローラ部 20 が離間位置  $P_{o2}$  を通過する際に第2の脈動が生じている。図 21 においては、約 2 秒間隔で振幅が  $3 \text{ m} \text{l} / \text{m} \text{i} \text{n}$  程度の脈動が生じている。第2の脈動の振幅は、第1比較例の  $15 \text{ m} \text{l}$  よりも抑制されているものの、第1の脈動よりも大きな振幅となっている。

**【 0 0 7 6 】**

それに対して、本実施形態は、ニードルバルブ 500 を設けたシステムであるため、第 1 比較例の 2 m l / min 程度の第 1 の脈動の振幅が十分に抑制されている。また、離間位置 Po 2 を通過する際に先行するローラ部に対して後続するローラ部の角速度を上昇させているため、第 2 比較例の 3 m l / min 程度の第 2 の脈動の振幅も十分に抑制されている。

このように、本実施形態のチューブポンプシステム 700 によれば、第 1 比較例および第 2 比較例に比べ、連続的な第 1 の脈動と周期的な第 2 の脈動の双方を十分に抑制することができる。

#### 【0077】

以上で説明した本実施形態のチューブポンプシステム 700 が奏する作用および効果について説明する。 10

本実施形態のチューブポンプシステム 700 によれば、第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 の一方が離間位置 Po 2 を通過する際に、第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 との接触により閉塞されたチューブ 101 内の液体の圧力が第 1 所定圧力 Pr 1 と所定圧力差の第 2 所定圧力 Pr 2 に上昇する。そのため、第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 の一方が離間位置 Po 2 を通過して第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 により押し潰されたチューブ 101 が原形に戻る際に、離間位置 Po 2 の下流側の液体の圧力と離間位置 Po 2 の上流側の液体の圧力との圧力差が小さくなつて所定圧力差となる。これにより、この圧力差が所定圧力差よりも大きい場合に比べ、第 1 ローラ部 10 および第 2 ローラ部 20 の一方が離間位置 Po 2 を通過する際に、離間位置 Po 2 で液体の流量が変動して液体の脈動が生じることが抑制される。 20

#### 【0078】

また、本実施形態のチューブポンプシステム 700 は、配管 200 の内部を流通する液体の流量を計測する流量計 400 を備え、制御部 600 は、流量計 400 が計測する液体の流量が目標流量となるように第 1 駆動部 50 および第 2 駆動部 60 のそれぞれを制御する。

このようにすることで、液体の脈動が発生することを抑制しつつ、流量計 400 が計測する液体の流量が目標流量となるように第 1 駆動部 50 および第 2 駆動部 60 のそれぞれを制御することができる。 30

#### 【0079】

本実施形態のチューブポンプシステム 700 においては、第 1 所定圧力 Pr 1 を、30 kPaG 以上かつ 150 kPaG 以下とするようにニードルバルブ 500 の開度を調整するのが望ましい。

このようにすることで、配管 200 を流通する液体の第 1 所定圧力 Pr 1 を大気圧よりも十分に高くなり、液体の脈動が配管 200 から更に下流側へ伝達されることが抑制される。

#### 【0080】

##### 〔第 2 実施形態〕

次に、本発明の第 2 実施形態のチューブポンプシステム 700 について、図面を参照して説明する。 40

本実施形態のチューブポンプシステム 700 は、以下で説明する点を除き、第 1 実施形態のチューブポンプシステム 700 と同様であるので以下の説明を省略する。

第 1 実施形態のチューブポンプシステム 700 は、第 1 ローラ部 10 が離間位置 Po 2 を通過する際に、先行する第 1 ローラ部 10 を角速度 V に維持したままとするものであった。それに対して本実施形態のチューブポンプシステム 700 は、第 1 ローラ部 10 が離間位置 Po 2 を通過する際に、先行する第 1 ローラ部 10 の角速度を一時的に増加させるものである。

#### 【0081】

図 23 を参照して、第 1 ローラ部 10 が離間位置 Po 2 を通過する際の制御部 600 によるチューブポンプ 100 の制御方法について説明する。なお、以下では第 1 ローラ部 1 50

0が離間位置 P o 2 を通過する際の制御方法を説明するが、第 2 ローラ部 2 0 が離間位置 P o 2 を通過する際の制御方法も同様であるので、以下の説明を省略する。

#### 【 0 0 8 2 】

図 7 に示すように、離間位置 P o 2 は、軸線 X 1 回りの回転角度が 270° より大きく 360° (0°) より小さい範囲に存在している。以下では、図 2 3 に示す時刻 T 1 から時刻 T 4 までにチューブポンプ 1 0 0 が実行する動作を説明する。時刻 T 1 は図 7 に示すチューブ 1 0 1 が閉じた状態に対応し、時刻 T 2 は図 8 に示すチューブ 1 0 1 が開き始める状態に対応する。また、時刻 T 3 は図 9 に示すチューブ 1 0 1 が開いた状態に対応し、時刻 T 4 は図 1 0 に示す第 1 ローラ部 1 0 が離間位置 P o 2 に到達した状態に対応する。

#### 【 0 0 8 3 】

制御部 6 0 0 は、時刻 T 1 が経過した後に、時刻 T 2 に至るまで第 1 ローラ部 1 0 を角速度 V から一定の加速度で増加させる。時刻 T 2 は、第 1 ローラ部 1 0 がチューブ 1 0 1 を押し潰した状態を解除してチューブ 1 0 1 が開き始める状態に対応する。したがって、制御部 6 0 0 は、第 1 ローラ部 1 0 がチューブ 1 0 1 を押し潰した状態を解除する際に、第 1 ローラ部 1 0 の角速度を一時的に増加させる。

#### 【 0 0 8 4 】

このようにすることで、第 1 ローラ部 1 0 がチューブ 1 0 1 を押し潰した状態を解除する際に、第 1 ローラ部 1 0 が離間位置 P o 2 の下流側へ向けて液体を吐出する吐出力を一時的に高めることができる。

このようにしているのは、チューブ 1 0 1 が、図 1 5 に示す流路断面積が 0 の状態から図 1 6 に示す流路断面積が 0 より大きい状態に変化する際に、第 1 ローラ部 1 0 および第 2 ローラ部 2 0 により閉塞されたチューブ 1 0 1 の内部の体積が漸次増大するからである。チューブ 1 0 1 の内部の体積の増大に伴ってチューブポンプ 1 0 0 から吐出される液体の流量が減少する。

前述したように、第 1 ローラ部 1 0 の吐出力を一時的に高めることにより、チューブポンプ 1 0 0 から吐出される液体の流量が減少して液体の脈動が発生することを抑制することができる。

#### 【 0 0 8 5 】

本実施形態は、配管 2 0 0 の内部を流通する液体の圧力である第 1 所定圧力 P r 1 が比較的低い場合（例えば、90 kPa 以下）に特に有効である。第 1 所定圧力 P r 1 が比較的低い場合、チューブポンプ 1 0 0 から吐出される液体の流量の減少による圧力変動が第 1 所定圧力 P r 1 に対して相対的に大きくなる。本実施形態では、第 1 ローラ部 1 0 がチューブ 1 0 1 を押し潰した状態を解除する際に、第 1 ローラ部 1 0 の角速度を一時的に増加させることにより、液体の脈動を抑制している。

#### 【 0 0 8 6 】

##### 〔他の実施形態〕

以上の説明において、チューブポンプシステム 7 0 0 は、チューブポンプ 1 0 0 から流出端 7 0 2 へ液体を導く流路において流路断面積を最小とするニードルバルブ 5 0 0 を設けるものとしたが、他の態様であってもよい。

例えば、チューブポンプ 1 0 0 から流出端 7 0 2 へ液体を導く流路において流路断面積を最小とするオリフィス等をニードルバルブ 5 0 0 の代わりに設けても良い。

#### 【 0 0 8 7 】

また、以上の説明において、チューブポンプシステム 7 0 0 は、流量計 4 0 0 が計測する液体の流量が目標流量となるように制御部 6 0 0 がチューブポンプ 1 0 0 を制御するものであったが、他の態様であってもよい。

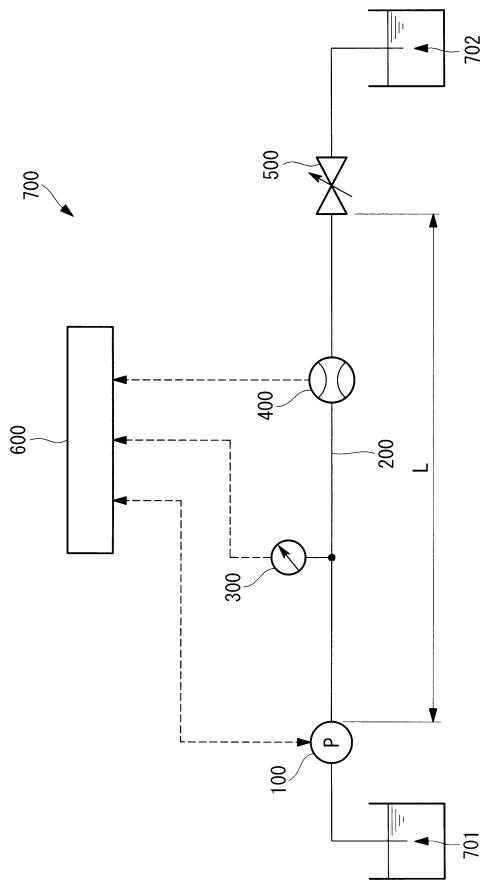
例えば、流量計 4 0 0 が計測する流量をチューブポンプ 1 0 0 により制御しない態様や、流量計 4 0 0 を設けない態様としても良い。

#### 【 符号の説明 】

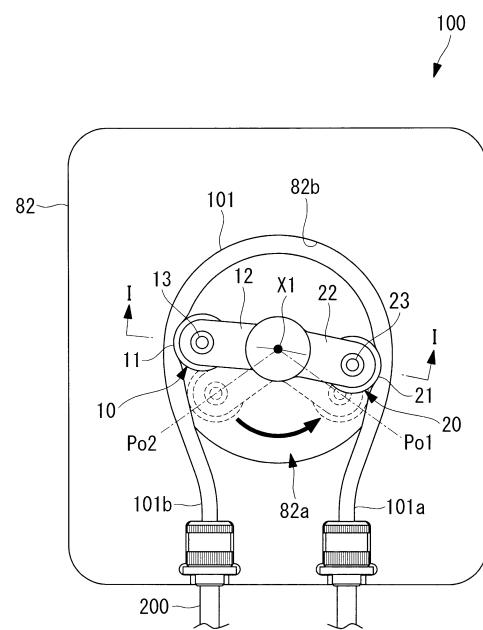
#### 【 0 0 8 8 】

2 0	第 2 ローラ部
3 0	駆動軸（軸部材）
4 0	駆動筒（筒部材）
5 0	第 1 駆動部
6 0	第 2 駆動部
7 0	伝達機構（伝達部）
8 0	ケーシング（収容部材）
8 1	ギヤ収容部
8 2	ローラ収容部
8 2 a	凹所
8 2 b	内周面
8 3	カバー
9 0	支持部材
1 0 0	チューブポンプ
1 0 1	チューブ
1 0 1 a	流入側端部
1 0 1 b	流出側端部
2 0 0	配管
3 0 0	圧力センサ
4 0 0	流量計
5 0 0	ニードルバルブ
6 0 0	制御部
7 0 0	チューブポンプシステム
7 0 1	流入端
7 0 2	流出端
P o 1	接触位置
P o 2	離間位置
X 1	軸線（第 1 軸線）
X 2	軸線（第 2 軸線）

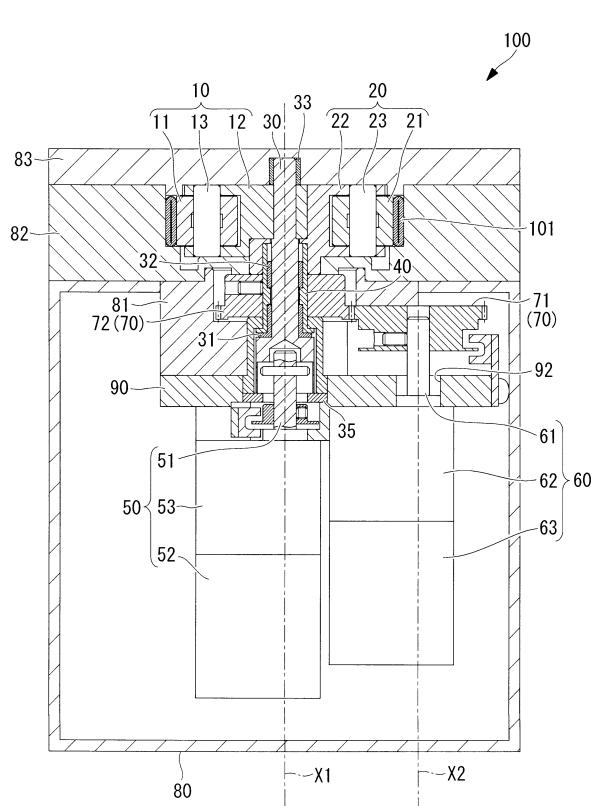
【図1】



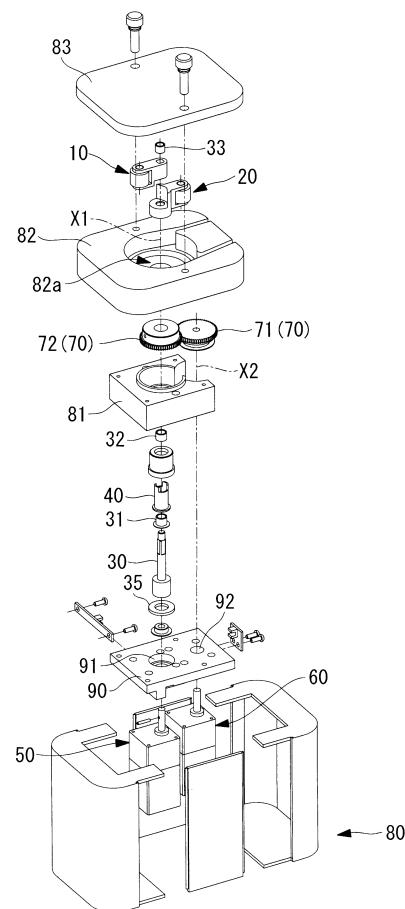
【図2】



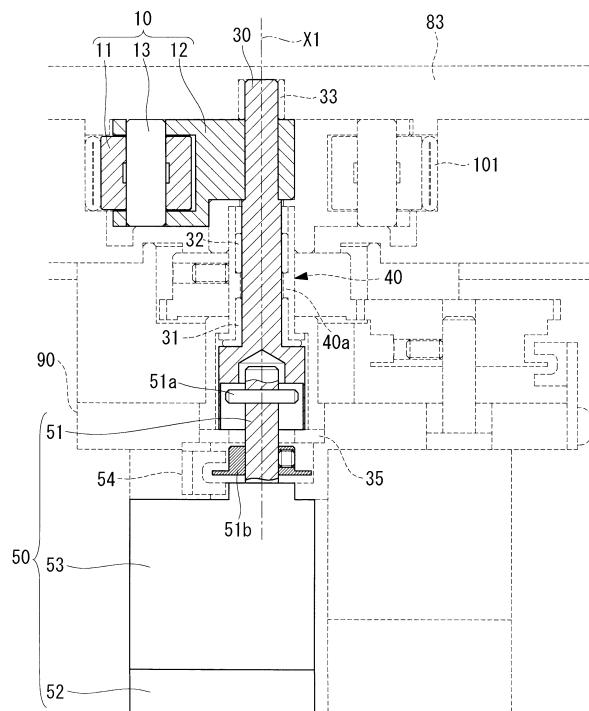
【図3】



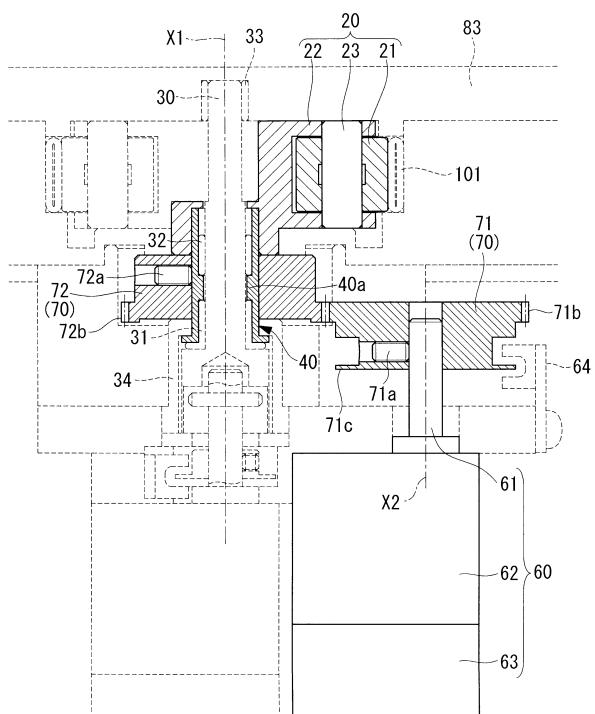
【図4】



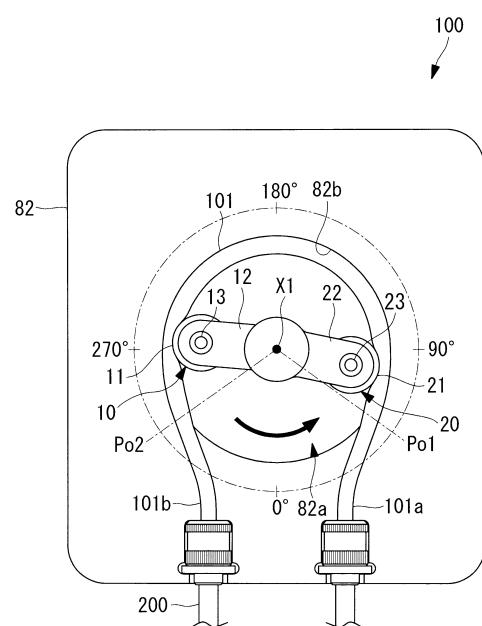
【図5】



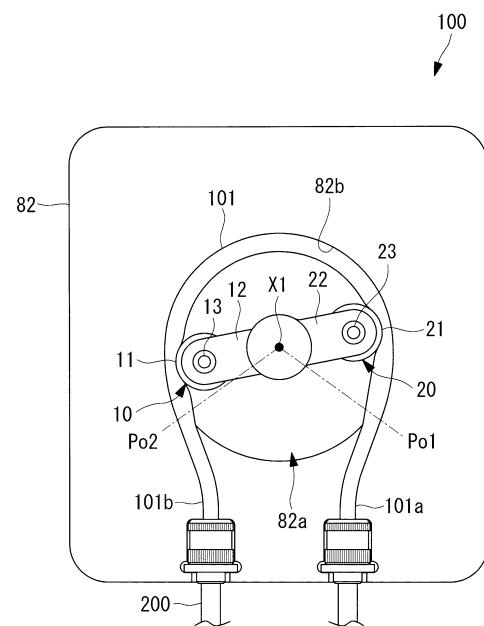
【図6】



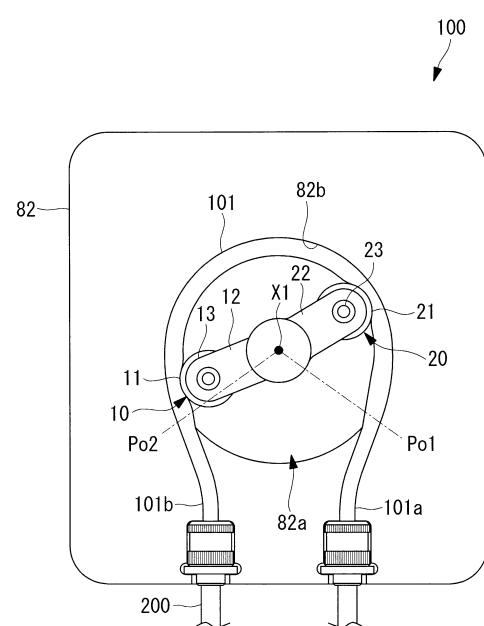
【図7】



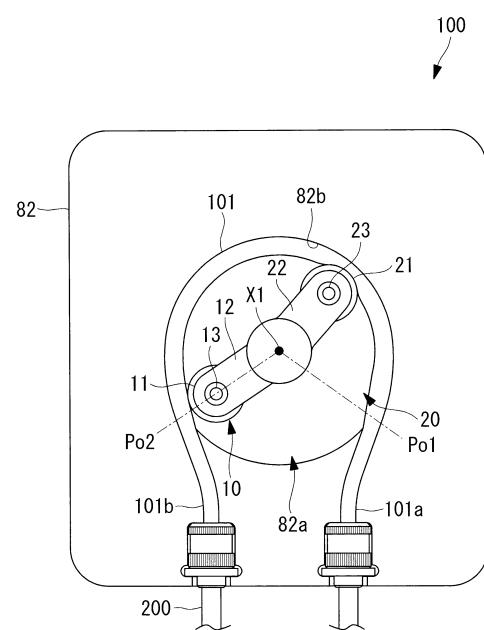
【図8】



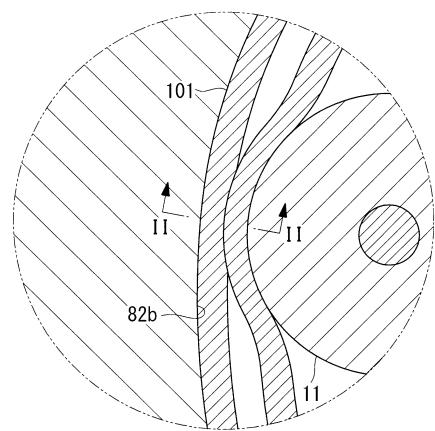
【図9】



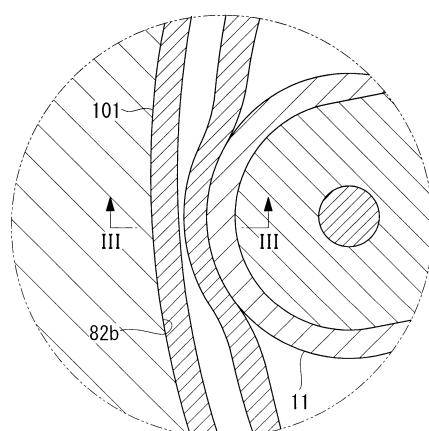
【図10】



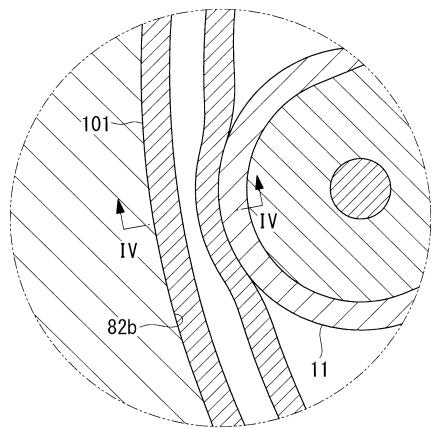
【図11】



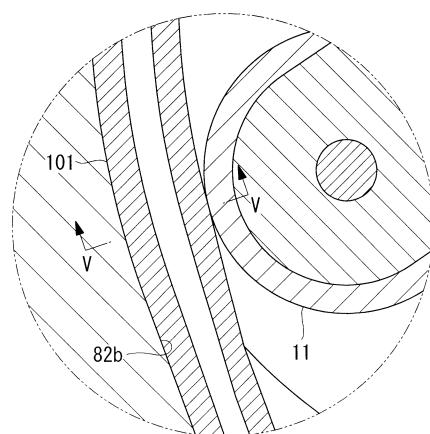
【図12】



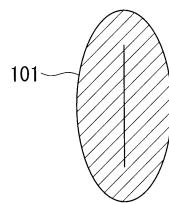
【図13】



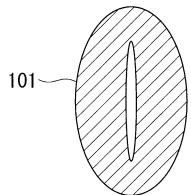
【図14】



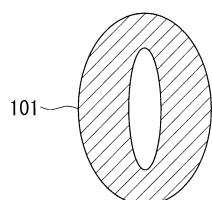
【図15】



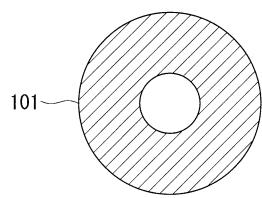
【図16】



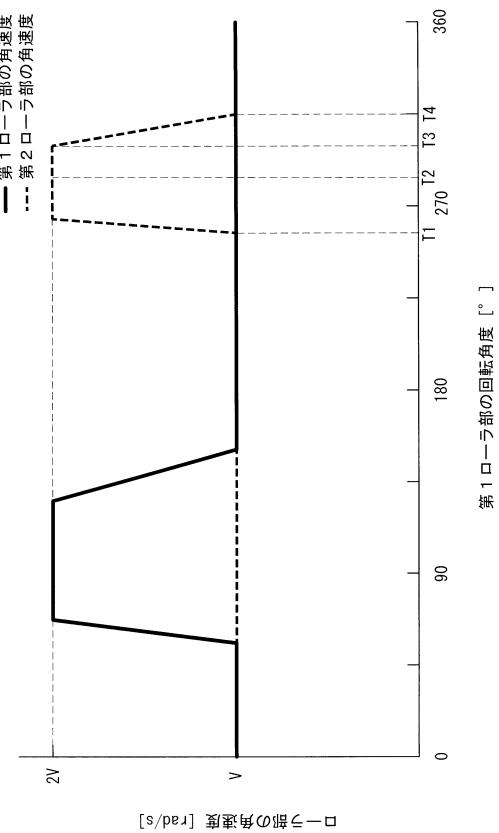
【図17】



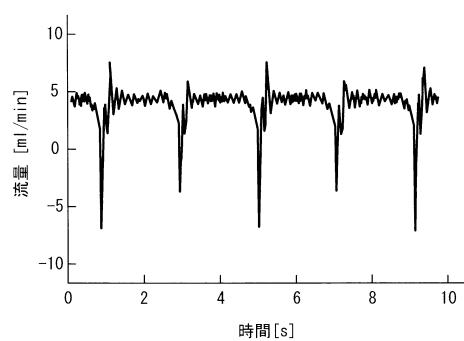
【図18】



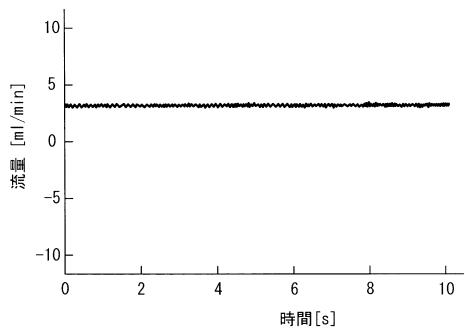
【図19】



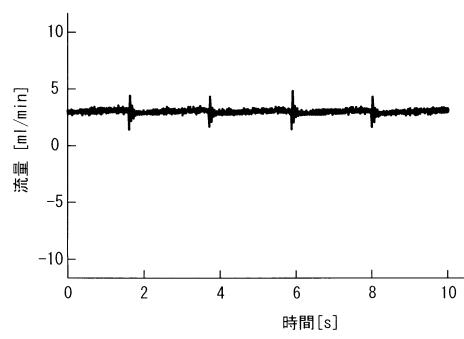
【図20】



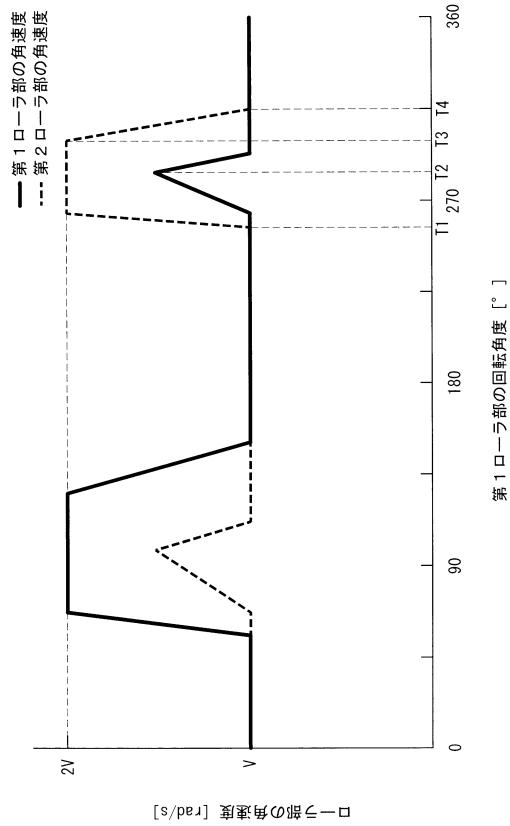
【図22】



【図21】



【図23】



---

フロントページの続き

(72)発明者 今井 幸宣  
埼玉県行田市下忍 2203 サーパス工業株式会社内

(72)発明者 平井 和樹  
埼玉県行田市下忍 2203 サーパス工業株式会社内

審査官 井古田 裕昭

(56)参考文献 特開平05-263765 (JP, A)  
特開昭56-129790 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 04 B 43 / 12  
F 04 C 5 / 00