

◇アクアドライブシステムと応用例◇

1. 油圧と水圧

アクアドライブシステムは、油圧機器と比較すると、一般に難易度は高いと考えられる。

この理由の一つとして水の動粘度 ν が、油に対して数十分の1と小さいことが上げられる。

空圧と比較しても水は扱い難い流体で、温度 20°Cの時に空気と比較すると、水の動粘度は、

空気の $15.02 \times 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s}]$ に対して、
 $1.004 \times 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s}]$ と、非常に小さい。

逆にアクアドライブシステムは、油圧・空圧と比較して、圧損が小さく省エネに適しているとも言える。

制御の観点から、アクアドライブシステムであっても、比例弁とかサーボ弁を用いて連続して加圧制御をする場合、多くの圧力エネルギーはリリーフ弁を介して、熱に変わるためエネルギーロスが大きい。

水圧ポンプと電動モータを組み合わせた加圧システムでは、必要な量だけ電動ポンプを動かしてエネルギーを供給するため、デューティサイクルによって差は有るが、70~80%程度の省エネが期待できる。

水圧ポンプの容積効率向上が難しい理由として、水分子の大きさが 1nm 以下と小さく、シールが困難なことが上げられる。水圧ポンプのピストン円筒外周には、静圧軸受を形成させることは困難であり、図 1 のように、ピストン部に横荷重が作用するため、ピストン外周とバレル間で、金属接触が発生する。

加えて、停止または低速動作時に、ピストン外周部に水圧によるクサビ効果が発生し、例えピストン外周部の表面粗さを $0.01 \mu\text{m}$ 以下の鏡面に仕上げたとしても、水の分子が小さく、固体間の摺動が避けられず、機械効率も低下する。このように水の分子が小さいと、水圧ポンプの効率を向上させることは難しい。



図 1 一般のピストンに働く横荷重

図 2 に、ピストンに横荷重が働かないよう工夫した水圧ポンプの回転構造を示す。ピストンはシリンダバレル内に拘束され、液圧力と駆動力のベクトルは一致し、連続して回転中心軸に向かっている。ピストン端面は静圧軸受を保ち、ピストンがシールプレート上を横滑りする構造なのでピストンに、横荷重は殆ど発生しない。

このような水圧ポンプと、電動モータを組み合わせたシステムでは、水圧制御ではあるが電動モータを動かす感覚で、水圧シリンダを動かすことができるので、水圧に詳しくない人でも、比較的容易に位置制御システムを構築することができる。

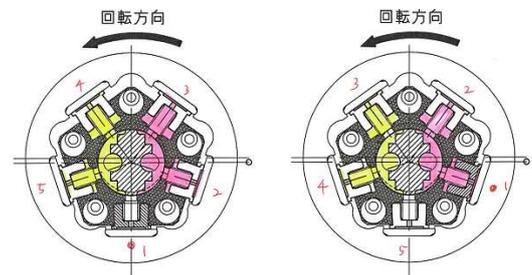


図 2 水圧ポンプ・モータの概略断面図

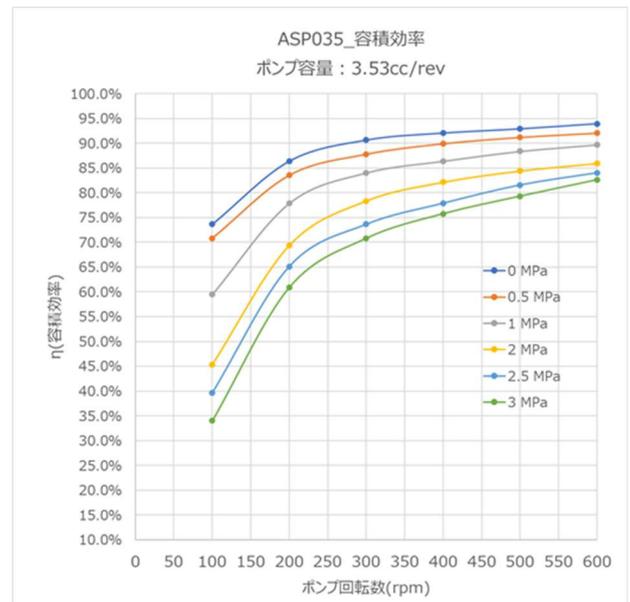


図 3 水圧ポンプの容積効率



図 4 水圧ピストンポンプ外観図

◇アクアドライブシステムと応用例◇

2. 遠距離への水圧位置制御

図1のような、電動サーボモータと水圧ポンプを組み合わせたアクアドライブシステムで、配管内径をΦ2以下まで細くしても、油圧に比べて圧力損失が小さく、圧力伝達速度が早いので、100m以上の長い距離で、水圧シリンダの高速位置制御が可能である。

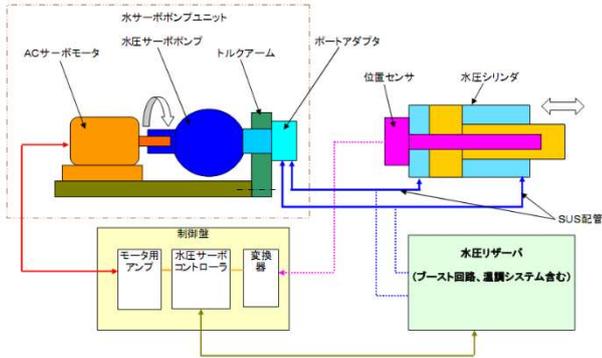


図1 水圧位置制御ユニットブロック図

水圧駆動ロボットのように水圧シリンダ等の駆動部が多い場合、各シリンダに接続した可撓性の配管を多数束ねても、配管径が細いため、水圧シリンダを動作させる上で大きな障害にならず、ロボット等に組み込んでも位置・力制御が容易である。

図2に水配管内径がΦ2.5以下の樹脂配管を使い配管の各所に圧力ピックアップを設置し、各点での圧力がどのように変化するかを求めた。

高速で圧力を変化させた時の、入り口から100m先までの、圧力変動を示しているが、殆ど同じ時間で、各処の圧力が伝達している。

このように樹脂配管に多少の膨張が有っても、遅れは0.005秒以内納まっていることが判った。

これに長距離伝達が可能で位置センサを加えることで、プラントとか原子力発電所の廃炉作業のように、遠距離で作業するロボットの制御が可能となる。

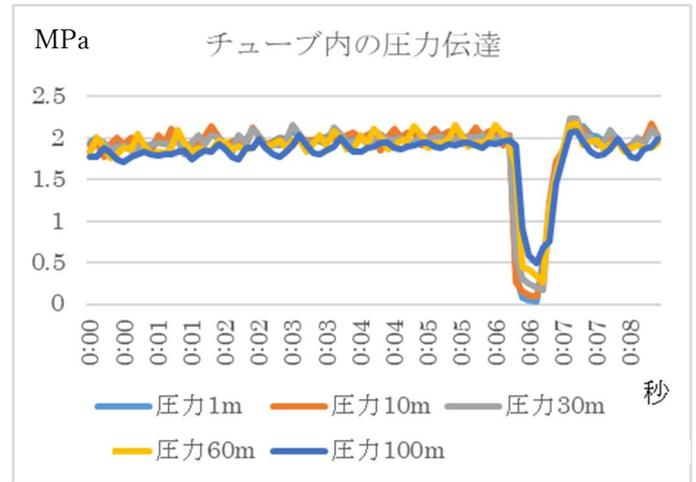


図2 細管内の圧力伝達

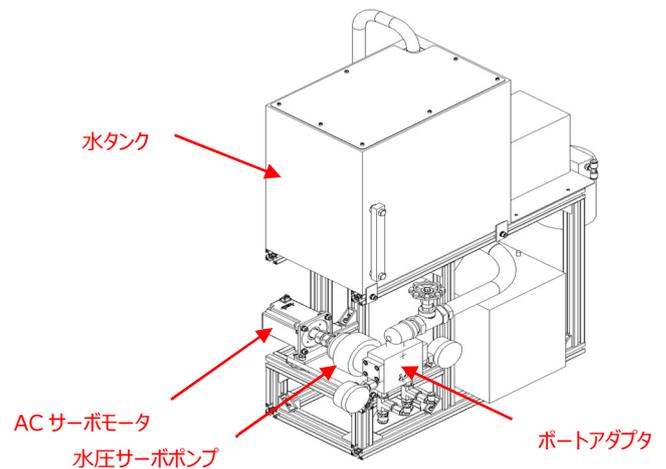


図3 水圧ポンプユニット概略図

◇アクアドライブシステムと応用例◇

3. 悪環境下での位置制御

アクアドライブシステムが求められる用途に、清浄度が
必要な食品機械、半導体製造装置とか、製鉄所の製
鋼・熱延ラインのような高温で、清浄度が悪く、ノイズと
か振動の多い用途、海底浚渫のような位置センサとア
クチュエータ部が、水没するような悪い環境での用途等
が有る。特に原子力発電所は防災が強く求められ、
制御機器の駆動に、水圧とか空気圧が多用されている。

我が国で原子力発電所が建設されてから、既に数十
年が経過し、現在使用されている制御機器も、交換が
必要なものが増えて来ており、今後長期間の維持管理
のため、新たな検討が必要となっている。

また医療装置のような生命維持分野、プラントのよ
うな連続生産ラインでは、瞬停等が発生すると、多大な
損失が発生する用途では、原点復帰が必要なインクリ
メンタル型の位置センサは使われない傾向にある。

特にパルス列信号の位置センサの場合、ノイズによ
って位置を見失う場合がある。

このような計測ミスが許されない用途では、アブソ
リュートタイプの位置センサが必要である。

【アブソリュート位置センサ】

アクアドライブシステムを行うために必要な要素とし
て、水圧ポンプ・アクチュエータ・制御システム等に加え
て位置センサが有る。

ここでは水圧または油圧位置制御システムに適した、
位置センサを開発したのでこれを紹介する。

今回開発したアブソリュート位置センサの基本思想
は機電分離であり、この結果、悪環境(水、油、熱、ノ
イズ、振動)での使用が可能になっている。

本センサを差動変圧器と比較した場合、アナログ出
力部分で比較すると、S/N比が高くノイズの影響が小さ
いので、高分解・高精度が得られる。

例えば電源ノイズに関して、IEC61000-4-4 に準じた、
電氣的ファーストランジェント試験では、標準レベルは
レベル 3(電圧ピークが 2kV)であるが、必要によってレ
ベル 4(電圧ピークが 4kV)も可能である。

本センサの構造はシンプルで、構成要素として磁性
金属で保護されたセンサケースと、励磁コイル・出力コ
イル・強磁性体のターゲットのみであり、励磁周波数を
変えることも容易なので、高速の応答が必要な場合は、
励磁周波数を上げることもある。

このように構成部品が少なく、小型化が容易なので、
小型水圧シリンダ内に組み込むことが可能で、また同
じセンシング原理の、近接センサにも応用ができる。

センサヘッド部内には温度センサを内蔵しており、こ
の信号を凍結・蒸発防止に使うことができる。

本センサに使用している構成部品は、過去に放射能
環境で使用実績のあった、銅線・絶縁樹脂・磁性金属
等が中心に使用しているので、放射線にも強い。

励磁周波数は数百～数十 kHz と幅が広く、数 kHz の
低周波にすると、200m 以上の伝達も可能である。ア
ンプ内部に CPU を内蔵しており、必要により種々のア
ナログ信号の取り込むことも考えられる。工作機械の
例では、機械の歪み・温度その他の条件を取り込み、
この内容を機械の構造等に合わせて加工することで、
実態に合わせた制御信号を取り出すことができる。



図1 位置センサの外観写真



図2 .位置センサ用変換器 外観写真

◇アクアドライブシステムと応用例◇

4. 陸閘門

昨今は長雨や台風によって、河川の氾濫が相次いでいる。河川とか海岸近くの堤防上に道路が敷設されている場所で、河川が氾濫し、水が堤防を越えて、低地へ流入することを防ぐため、図1のような陸閘門が設けられている。

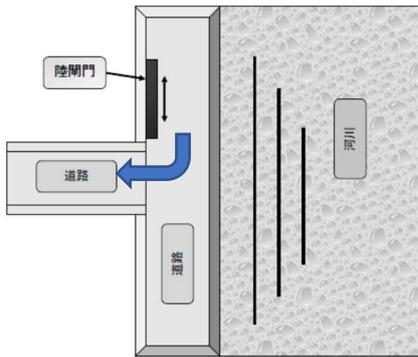


図1. 堤防上の道路と陸閘門

一般に陸閘門が有る場所は、民家と離れていて、電線等の敷設が困難な場所が多いので、陸閘門の上部に、太陽光発電、蓄電池、水圧ポンプ+電動モータと制御機器、無線機器等が設置されている。

駆動部は水没しても良いよう、水圧駆動のアクチュエータが使い易いと考えられる。また日常は使用されることがないので、水圧回路はシンプルな構成とし、アクチュエータへは水配管で接続されている。

小型の陸閘門のゲート開閉に、水圧シリンダが用いられるが、長距離駆動の場合は、水圧モータ+ラックピニオンの組み合わせが考えられる。



図2. 陸閘門デモ機

水圧モータ走行回路(簡易)

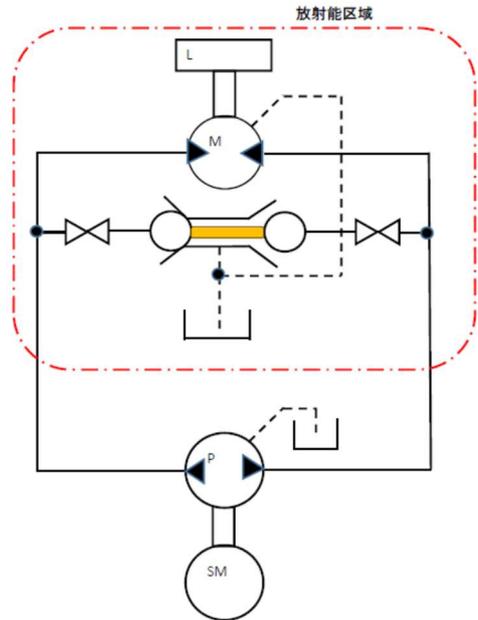


図3. 陸閘門の簡易水圧回路

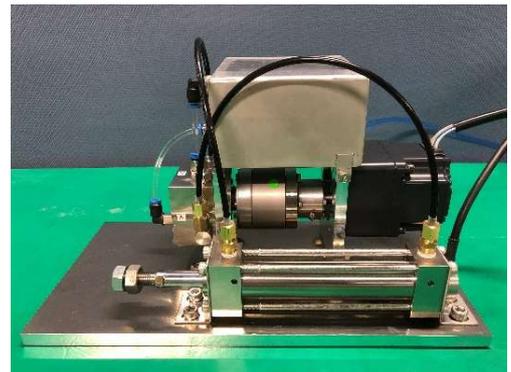


図4. 簡易水圧ユニット



図5. 陸閘門駆動用水圧モータ(ASM1000)

陸閘門の設置場所は、足場が悪いことが多く、取り扱いを考えて、図5のように理論排出量が1回転100cc/rrと、多少大きめの水圧モータとしている。

ゲートの閉鎖は、早い時期からスタートが可能なので、減速機と組み合わせることがある。