

ダイアフラムポンプの脈動特性について

日大生産工（院） ○近藤 敦史

日大生産工 石井 進，藤田 優

1. 緒言

ポンプは回転式や容積変化式等の駆動方式があるが、一般に普及している多くのポンプはモーターの回転をポンプ内の羽根車へと伝えて流体を搬送する回転式のポンプである。容積変化式の一つであるダイアフラムポンプは、ほとんどの液体の搬送が可能である、回転式のポンプに比べて液体の温度が常温よりも上がらない等の多くの特徴を有しているが、欠点の一つとして脈動がある。ダイアフラムポンプとは一本のセンターロッドの両端にダイアフラムが一枚ずつ付き、そのセンターロッドが左右に動くことにより液体を搬送するポンプであり、センターロッドを動かす際、電動と空気圧駆動の二種類に大きく分けることが出来る。前者は人工心臓といった医療業界への使用が報告され、また後者は産業用として様々な分野での使用が報告されているが脈動に関する議論はあまりされていない。

(1)(2)

そこで本報ではダイアフラムポンプの特性についての研究を行い、さらにその内でも脈動について実験解析をし検討した。

2. 実験装置及び実験方法

Fig. 1 にダイアフラムポンプ本体の断面図を示す。ダイアフラムポンプとは、一本のセンターロッドの両端にダイアフラムが一枚ずつ付き、圧縮空気によりそのセンターロッドを左右に動かす。センターロッドが右に1ストローク動く間に左の材料室では液体の吸い込みを、右の材料室では吐き出しを一回ずつ行い（左図）、また左に1ストローク動く間では左の材料室では液体の吐き出しを、右の材料室では吸い込みを一回ずつ行う（右図）。この動作の繰り返しにより流体を連続的に搬送するものである。

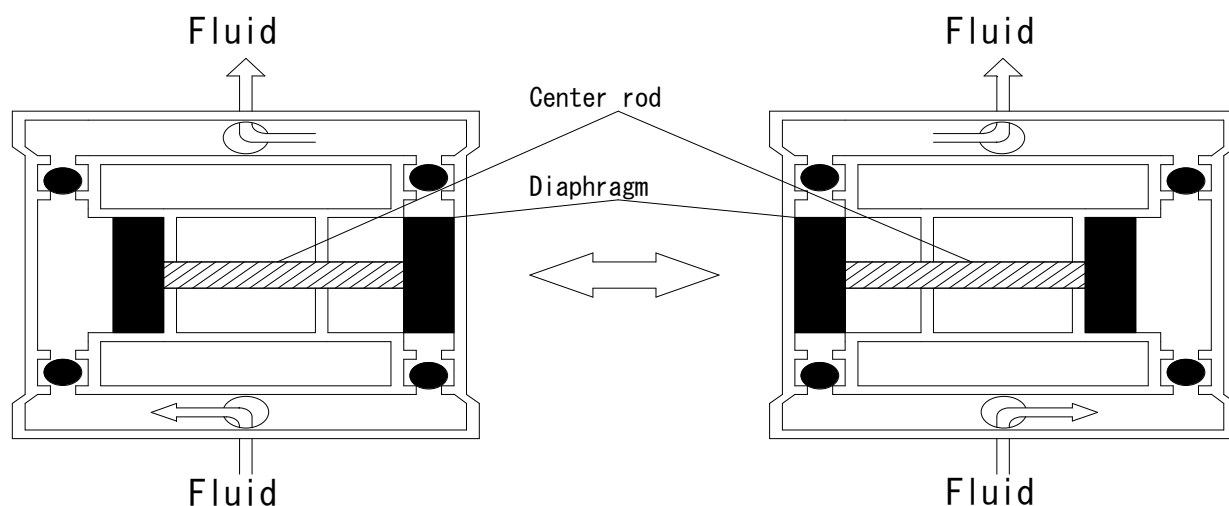


Fig. 1 Sectional view of the pump

Pulsating Characteristic of a Diaphragm Pump

Atsushi KONDOU, Susumu ISHII and Masaru FUJITA

Fig. 2 に実験装置の概略図を示す．ダイアフラムポンプ（①）は圧縮空気により駆動するものであるので本実験では，コンプレッサー（②）を用いて圧縮空気をダイアフラムポンプへと供給する．その際コンプレッサーとポンプの間にレギュレーター（③）を設け，圧縮空気の圧力を 0.2MPa から 0.75MPa までの間で 0.05MPa 刻みに測定をする．そこでポンプの入口，出口部分にそれぞれ 2 個ず

つ計 4 個の圧力センサ（⑤）と 2 個の流量計（⑥）を取り付け，測定したデータをパソコン（⑦）へと送る．また入口部分と出口部分にバルブ（④）を設けることにより流量を調節できるようにし，水と動粘度 $110 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ の油を使用し温度を 25°C 一定として，ダイアフラムポンプの脈動について比較検討するものとする．

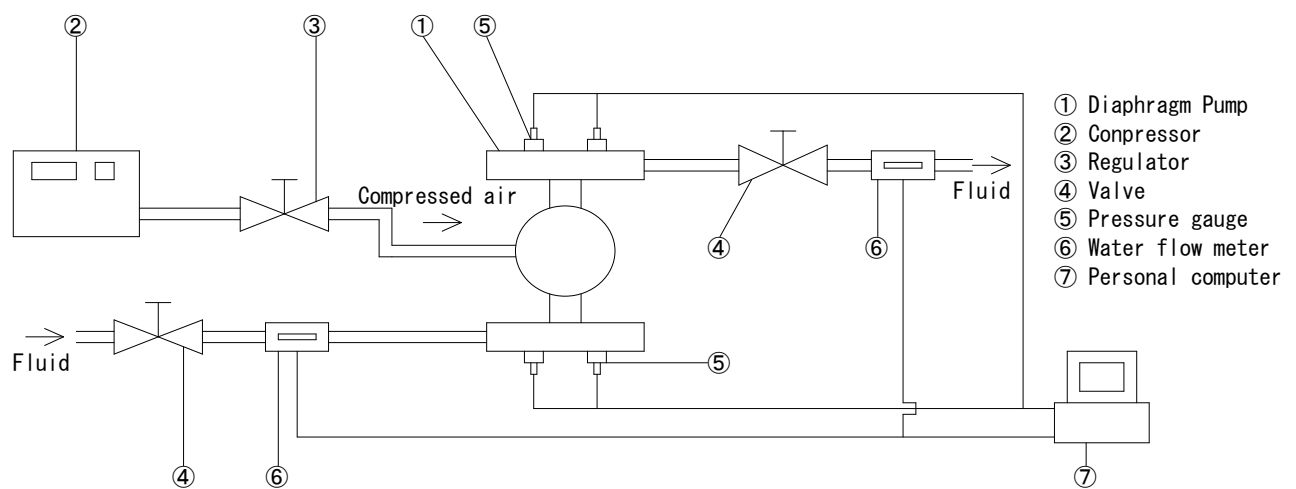


Fig. 2 Schematic figure of experimental device

3. 実験結果及び考察

Fig. 3 に縦軸に吐き出し圧力，横軸に吸い込み流量を示したダイアフラムポンプの性能曲線を，Fig. 4 に縦軸に吐き出し圧力，横軸に吐き出し流量を示したダイアフラムポンプの性能曲線を記す．これらのグラフより，同じ流量ではコンプレッサーからの供給圧力が高いほど吐き出し圧力が高くなり，吸い込み流量が多いほど吐き出し圧力が高くなり，吐き出し流量が多いほど吐き出し圧力が低くなる傾向を示しているのがわかる．また吸い込み流量を調整したとき，吐き出し圧力を調整したときでは吐き出し圧力の値に大きな違いあることがわかる．これはポンプの搬送できる流量によるものであると考えられる．ダイアフラムポンプは約 60L/min もの流体の

吸い込み，吐き出しを行っている．吸い込み流量を制御した場合，吸い込み流量が少量であるとポンプの材料室内は流体と空気の混在した状態となり圧力上昇がほとんど無くなり，吸い込み流量を増加させれば材料室内に空気の混在することが無いので圧力が上昇すると考えられる．

また吐き出し流量を制御した場合，吸い込み流量は通常通りであるため，材料室や吐き出し口側のパイプには過剰に流体が供給されることとなり，吐き出し流量が少量であるときには圧力上昇が著しくなり，吐き出し流量を増加させると流体の逃げ場が生じて圧力上昇が抑えられるのではないかと考えられる．

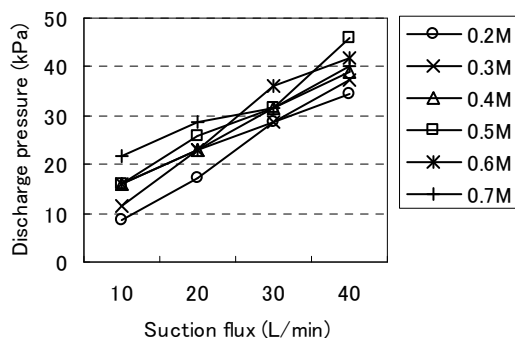


Fig.3 Performance Curve

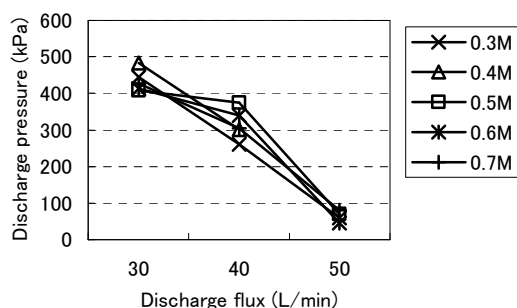


Fig.4 Performance Curve

Fig. 5 にはコンプレッサーからの供給圧力を 0.3MPa 一定で、吸い込み流量を 30L/min 一定として水を流したときの吸い込み及び吐き出し圧力の時間的変化を、Fig. 6 にはコンプレッサーからの供給圧力を 0.3MPa 一定で、吐き出し流量を 30L/min 一定にして水を流したときの吸い込み及び吐き出し圧力の時間的変化を、Fig. 7 にはコンプレッサーからの供給圧力を 0.7MPa 一定で、吸い込み流量を 30L/min 一定として水を流したときの吸い込み及び吐き出し圧力の時間的変化を、Fig. 8 にはコンプレッサーからの供給圧力を 0.7MPa 一定で、吐き出し流量を 30L/min 一定にして水を流したときの吸い込み及び吐き出し圧力の時間的変化を、Fig. 9 にはコンプレッサーからの供給圧力を 0.3MPa 一定にして油を流したときの吸い込み及び吐き出し圧力の時間的変化を、Fig. 10 にはコンプレッ

サーからの供給圧力を 0.7MPa 一定にして油を流したときの吸い込み及び吐き出し圧力の時間的変化を示す。

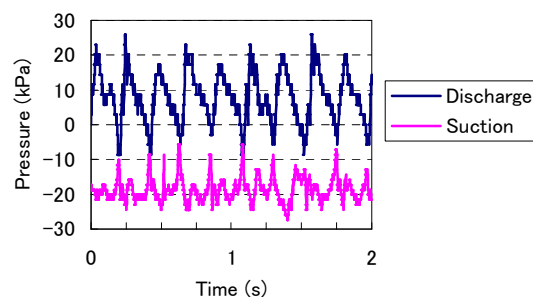


Fig.5 Time history for Pressure (Compressed air 0.3MPa Suction flux 30L/min water)

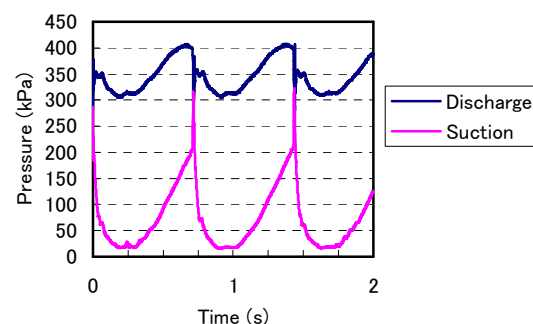


Fig.6 Time history for Pressure (Compressed air 0.3MPa Discharge flux 30L/min water)

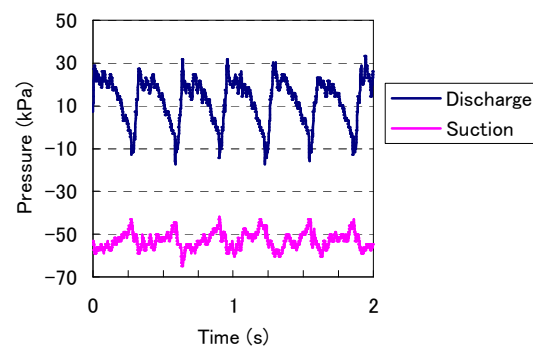


Fig.7 Time history for Pressure (Compressed air 0.7MPa Suction flux 30L/min water)

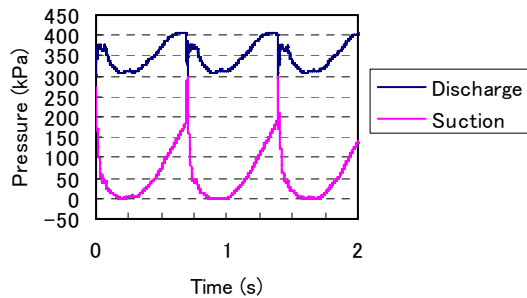


Fig.8 Time history for Pressure (Compressed air 0.7MPa Discharge flux 30L/min water)

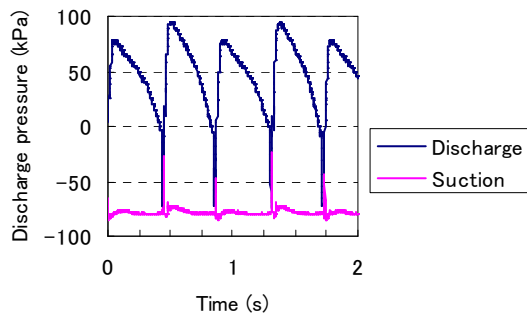


Fig.9 Time history for pressure (Compressed air 0.3MPa oil)

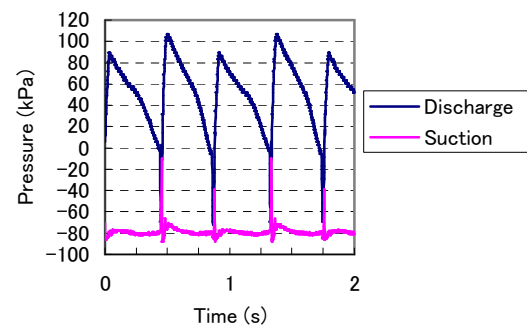


Fig.10 Time history for Pressure (Compressed air 0.7MPa oil)

これらの結果より、コンプレッサーからの供給圧力が高いほど吐き出し圧力が高くなっていることが解る。

次に水を流した場合と油を流した場合のグラフを比較してみると水を流した場合には圧力に細かい乱れが見られるが油を流した場合には乱れがあまり見られない。これは水と油の粘度の違いによるものであると考えられる。また粘度が低い水の場合に乱れが生じる理由はダイヤフラムポンプ内にあるゴムボールによるものであると推測される。このゴムボールはポンプ内の材料室の入口、出口部分に設置され弁の役割をしているものである。このゴムボールが流体の流れるのを阻止する時に、水の場合では粘度が低いためにゴムボールの不自然な挙動により乱れが生じ、油の場合では粘度が高いためゴムボールの挙動が安定して乱れが生じ難くなると考えられる。

同様に吸い込み流量を制御した場合と吐き出し流量を制御した場合とでも乱れが生じている。これは吸い込み流量を制御した場合は、流体と空気の混在によりゴムボールの挙動が安定しないためであり、吐き出し流量を制御した場合は、逃げ場の無い流体によりゴムボールの挙動が安定するためであると考えられる。

4. 結言

本研究では、ダイヤフラムポンプの脈動特性について解析し、検討することにより以下の結言を得た。

- 1) 圧力の乱れは、搬送する流体の粘度の違いにより抑制することが出来、コンプレッサーからの供給圧力とは無関係である。
- 2) コンプレッサーからの供給圧力が高いほど、センターロッドの動く周期が早くなり多くの流量を搬送することが出来るが、脈動は大きくなる。

5. 参考文献

- (1) 小西義昭, バイオエンジニアリング学術講演会後援論文集, (2002), 47-48.
- (2) 柴田昭, 計装工事, (2002), 20-25.