

電気粘性流体(ERF)を用いた位置制御に関する研究(第1報)

—ER流体の特性と制御の可能性—

河西 伸一・橋田 鉄雄・清水 誠司・清弘 智昭*

Research on Controlling Position Using Electro-Rheological Fluid (1st Report)

—Characteristic of ERF and Possibility of Controlling Position—

Shin'ichi KASAI, Tetsuo KITTA, Seiji SHIMIZU and Noriaki KIYOHIRO

要 約

空気圧を利用した位置決めは、一般に市販のシリンダのストローク長にあわせて設計を行っている。また、位置決めの微調整は機器の組立時にシリンダ設置位置と加工精度によって行われている。シリンダを使用した任意位置での停止及び速度変化を行う方法は、いろいろと考案されてきている。しかし、実用化は個々の諸問題により実現されていない。本研究は、ER流体を用いてシリンダの速度制御に取り組み、ER流体の特性を制御することによって、シリンダの速度を変化させることができた。これにより、本方法によるシリンダ制御の方向性が見いだされた。

1. 緒 言

位置決めを必要とする機械加工、組立作業においては、システム構成の容易さや安価で設備構築が可能なシリンダ等の空気圧機器と、ピックアンドプレス等の固定シーケンスとを組み合わせたシステム構成で自動化、省力化が進められてきた。

しかし、より細かい速度制御、位置決め精度が要求され、シリンダ等の空気圧駆動機構を持ったシステムから、任意にスピード及び停止位置を変更できるサーボシステムや油圧システム機器への移行が進んでいる。

サーボシステムや油圧システムは、空気圧を使用したシステムに比べ操作が複雑になり、機器構成も大きく、重くなることに加え、現在作業現場で使用しているシステムにそのまま付加することは難しく、機器の再設計や新規設備への移行などが必要となる。

そこで、簡単なシステム変更で任意位置の固定ができる駆動システムの開発が求められており、現在、企業において使用しているエアシリンダシステムを大規模に変更をしないで、高精度な速度制御のできるシステムにER流体を利用した位置制御装置の開発を行う。

2. 装置の試作

2-1 システムの概要

図1に、試作装置の構成図を示す。本試作機は市販のエ

ア-シリンダ(シリンダA)と、同じエアシリンダに液漏れ対策を施したシリンダ(シリンダB)を並列に並べ、

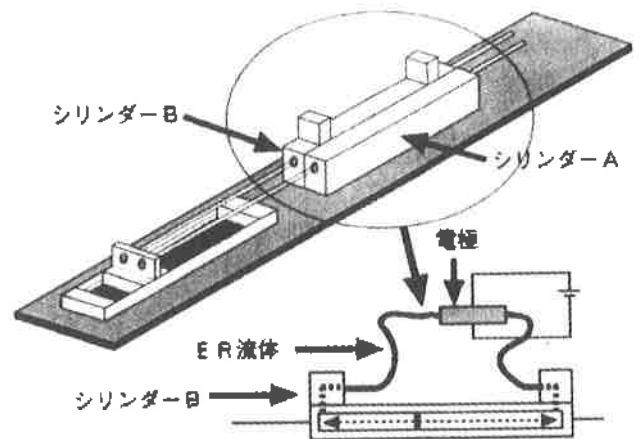


図1 システムの概要図

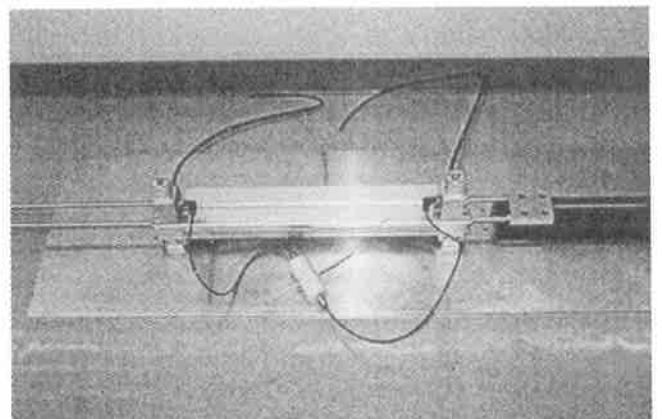


図2 試作実験機

* 山梨大学 工学部

リンクして動作するようにした。

シリンダAには圧縮空気を挿入できるように、また、シリンダBはER流体を密封(図1,2)した。シリンダAに圧縮空気を挿入すると、シリンダB内のER流体は、電極間を介して流れる。

このER流体の流れを制御することによって、シリンダの速度を制御できる。

2-2 ER流体

ER流体は、電気絶縁性液体(分散媒)の中に直径が数 μm 程度の固体粒子(分散相)を分散・拡散させ、外部電場を印加したとき、見掛けの粘度が著しく増大する流体である。実験には、分散媒にシリコン油、分散相にスチレン-ジビニルベンゼン共重合体からなる、(株)日本触媒製のER流体(TX-ER6)を使用した。

ER流体の見掛けの粘度は、ニュートン流体のように傾きの増加として現れるのではなく、外部電界の増加にともない傾きは変化せずに平行移動(図3)し、かつ、電場と垂直な方向にずり流動があるときに、流体の運動を妨げる応力のみが増加する特性^{1),2),3)}を持っている。

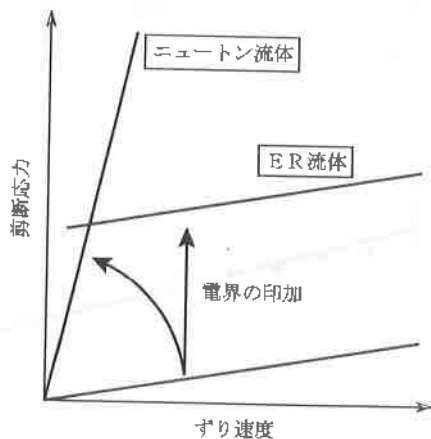


図3 ER特製

2-3 電極の作製

ER流体に電界を与える電極は、今までの銅板等を平行に重ね合わせ、ギャップを調整して

いたため、平行の均一性が難しかったが、今回はワイヤー放電加工機で0.2mmの平行ギャップのものを作成した。また、ギャップをジグザグにするこ

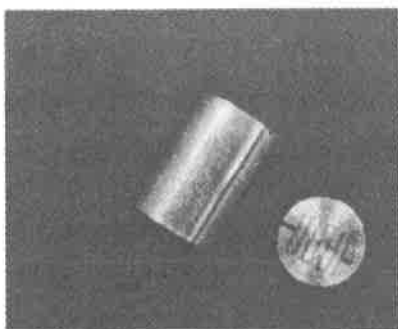


図4 ワイヤー放電加工機により作製した電極

とによって、ギャップ面積を広く取り、電極による流れの抵抗を少なくする構造とし(図4)、プラスチック素材で電極を密封して、ER流体を流せるように組み立てた(図5)。

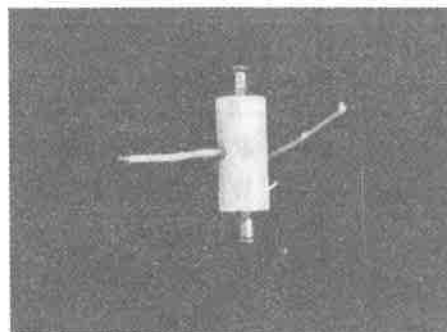


図5 実験に使用した電極

3. 実験及び考察

3-1 ER流体の絶縁性

ER流体は高抵抗物質であり、電圧を変化させても電流がほとんど流れないことを確認するため、ER流体の電気抵抗特性について測定を行った。測定は、ピーカにシリコン油とER流体を入れ、測定子間隔を10mmとして、デジタル超高抵抗計により測定(図6)した。

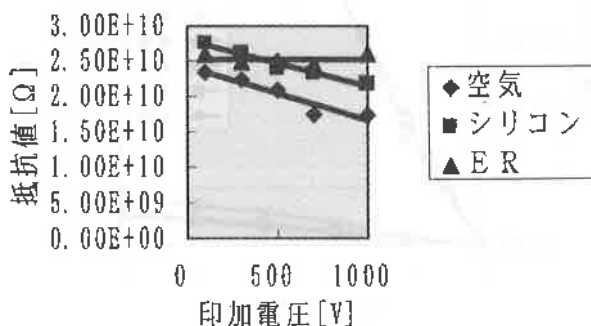


図6 印加電圧-電気抵抗特性

シリコン油、ER流体とも抵抗値が $10^{10}\Omega$ 以上であり、印加電圧5kVで $0.05\mu\text{A}$ 以下の電流しか流れない。これにより、ER流体を制御する時には高電圧を利用するが、人体に障害を起こす可能性が少なく、生産現場においても安全に使用ができることが分かった。

また、絶縁物質であるシリコン油、空気は印加電圧上昇とともに、抵抗値が下がるのに対し、ER流体は高抵抗物質であるため印加電圧に関係なく一定の抵抗値を示すことが分かった。この抵抗の安定性は、電圧制御を行う時にオームの法則のみを勘案するだけでよく、システム設計を容易にする。

3-2 流体の流れ

図1のように、シリンダを連結して動作させる時に、シリンダBにはシリコン油かER流体が入るため、ER流体な

どの重量でシリンダ本来の速度が減速される。

$$F = \frac{W\alpha}{g} + f \quad (1)$$

F：シリンダの駆動力

W：物質の重量

α ：加速度

g：重力加速度

f：摩擦力

よって、加速度 α は、

$$\alpha = \frac{g(F+f)}{W} \quad (2)$$

一般的な、エアシリンダの駆動力Fを求める関係式は式(1)で現せる。ここで、入力空気圧一定(シリンダ駆動力Fを一定とすると)でWが増加すると、シリンダの速度は反比例して遅くなる。

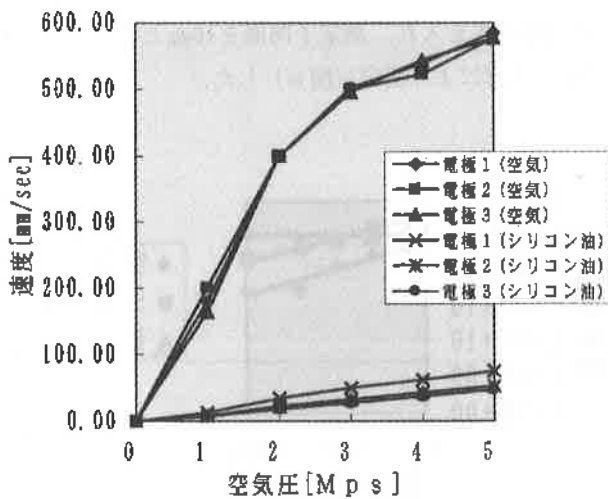


図7 空気圧—速度特性(1)

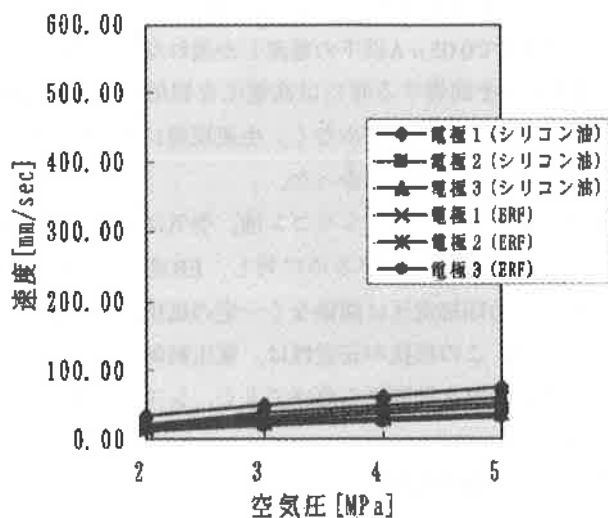


図8 空気圧—速度特性(2)

5 MPaでシリコン油充てん前に約600mm/secの速度が図7に示すように、充てん後で約60mm/secと約1/10の速度となっている。従って、電極による流量への影響は少なく、今回試作した電極においては、流れを妨げる要因を考慮しなくてもよいと考える。

また、ER流体はシリコン油に数 μ m程度の固体粒子が分散・拡散している。そこで、その固体粒子が電極を流れる障害とならないかを実験した。

ER流体をシリンダに充てんしたときの速度変化(図8)を示す。これにより、ER流体は自己重量のみの抵抗値を示し、シリコン油とほとんど変わらないスピードで動くことから、ER流体を充てんしても、固体粒子は電極間の流れの障害物とはならないことが分かった。

3-3 速度制御

シリンダBにER流体を充てんし、空気圧5 MPaで電極に一定電界を印加したときのシリンダの速度を図9に示す。

空気圧5 MPa、印加電圧0Vで約32.5mm/secのシリンダの速度が、0.9kVの印加により約半分の18.7mm/secとなった。また、シリンダの速度と印加電圧の関係が直線的に変化していることが分かった。これによって、ER流体を用いた本試作装置においては、速度制御を行う時に、比例係数をもとめて制御プログラムを作成することが可能であることが分かった。

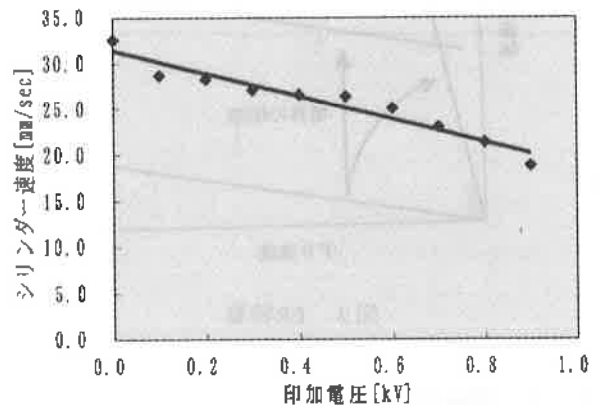


図9 印加電圧—速度特性

4. 結 言

ER流体を用いたシリンダの速度制御の可能性について、電極と装置を試作し、ER流体の電気抵抗特性、及び速度特性の点から検討し、次のことが明らかになった。

- 1) ER流体は、電気高抵抗体として安定している。
- 2) シリンダ速度は電界に比例して変化する。
- 3) 今まで行われていた積層方法に変えて、ワイヤー放電加工によるギャップの電極を用いても、積層方法の電極同様にER効果が認められた。

今後は、シリンダの任意位置での停止、電極、システム構成等が課題となる。

最後に、ER流体の提供をしていただいた(株)日本触媒、シリンダの改造に協力いただいたCKD の両社に感謝いたします

参考文献

1) 河西伸一他：電気粘性流体を用いた入出力装置の研究，山梨県

工業技術センター研究報告，第9号，p12 (1995)

2) 早川幸広：ERFインクジェット用インキの動特性，山梨大学博士課程前期論文，p32 (1995)

3) 小山清人 監修：ER流体の開発と応用，(株)シーエムシー，p 3，210 (1994)

4) 杉田 稔：自動制御のための空気圧技術読本，日刊工業新聞社，p33 (1975)