

電気粘性流体 (ERF) を用いた位置制御に関する研究 (第2報)

— 実用化に向けた電極構造の改良 —

河西 伸一・橋田 鉄雄・佐野 正明・清水 誠司・清弘 智昭*

Research on Controlling Position Using Electro-Rheological Fluid (2nd report)

— Change of Electrode by Utilitarian System —

Shin'ichi KASAI, Tetsuo KITTA, Masaaki SANO, Seiji SHIMIZU and Noriaki KIYOHRO*

要 約

空気圧を利用した位置決め機構は、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。前報¹⁾では、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を見いだされた。本報は、放電加工機を用いて、高精度の電極を作製してシリンダの停止制御について実験した。

1. 緒 言

位置決めを必要とする機械加工、組立作業の自動化、省力化は、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により進められてきた。

また、近年、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制御システムから、任意にスピード及び停止位置の変更が可能なサーボシステムや油圧システムへの移行が進んでいる。

しかし、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であり、機器構成も大きく、重くなることから、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。

したがって、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いる。そこで現在、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な変更をしないで、高精度な速度制御のできるシステムにするためのER流体を利用した位置制御方法の開発を行う必要がある。

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

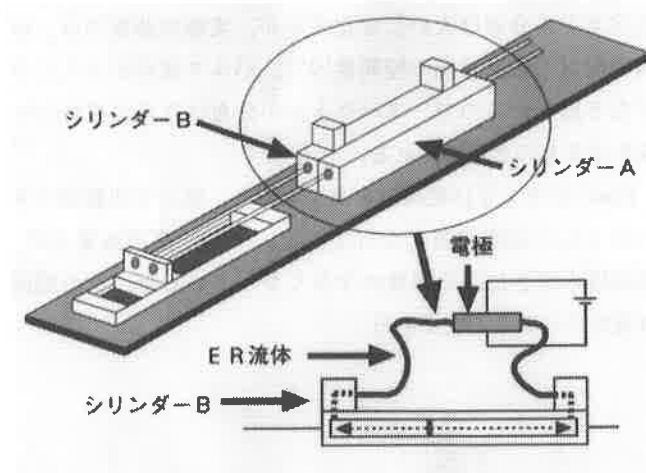


図1 システムの概要図

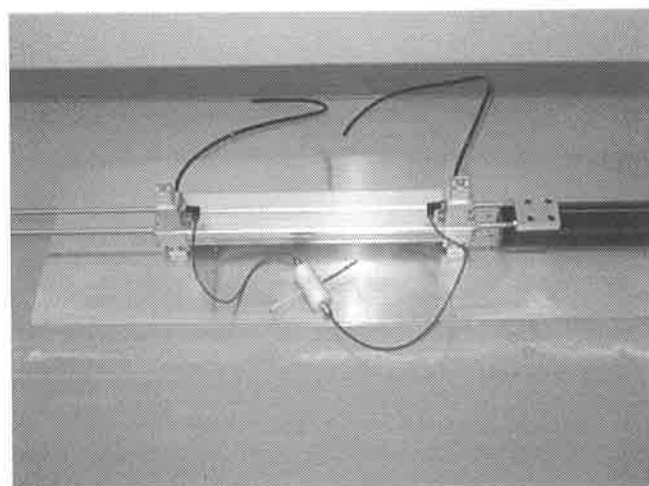


図2 試作実験機

*山梨大学工学部

ーシリンダ (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し、また、シリンダBはER流体を密封 (図1) 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、分散相にスチレンー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^{2), 3), 4)} を持っている。

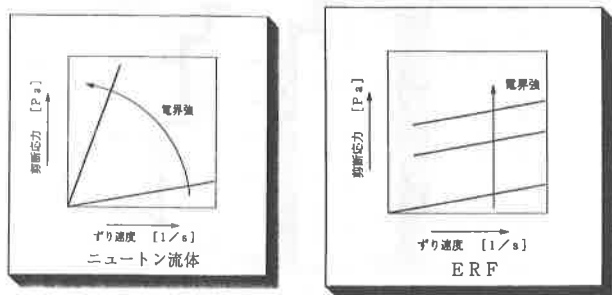


図3 電界一剪断応力特性

2-3 電極の作製

ER流体に電界を与える電極は、今までは銅板等を平行に重ね合わせた板間のギャップを調整していたため、均一な平行を保のが難しかった。前報で報告したワイヤ放電加工機で作成した電極は、円柱のアルミ材をジグザグにカットしたのみなので、加工時の残留応力があり、ギャップ間隔が均一にならなかった、また、ジグザグの折返し部が直角となっており、電界をかけたときに、そのエッジ部分からの放電が生じた。

そこで、今回は電極をワイヤ放電加工機により片電極ずつカットし、組み合わせ治具により均一な電極ギャップが保てるように組み立て作成した。また、ジグザグの折返し部分もrにして電極にエッジをなくし、電界がギャップ全体に均一にかかるようにし、放電をしにくい形状に作成した (図4)。

この方法により、ギャップ間隔が0.27, 0.4, 0.6 [mm],

電極長10, 20, 30 [mm] の組合せにより9種類を作製した (表1)。

長さL [mm]	電極ギャップG [mm]
10	0.27
20	0.40
30	0.60

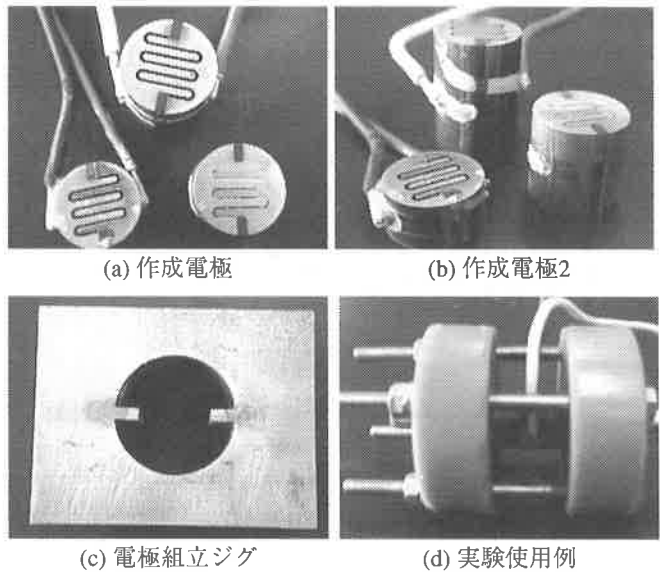


図4 実験電極

3. 実験及び考察

3-1 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ER流体が入るため、ER流体の重量でシリンダ本来の速度が減速される。

シリコン油、ER流体の比重は、0.94, 1.57でwが増加し、式 (1)⁹⁾により空気圧一定で、シリンダ駆動力Fが増加するもでシリンダの速度が反比例して遅くなり、シリンダの速度は充填前の約1/10となることは前報で報告した。したがって電極ギャップ間を流れるER流体は、電極による抵抗影響は少なく、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。

$$F = \frac{W\alpha}{g} + f \tag{1}$$

- 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

また、ER流体はシリコン油に数μm程度の固体粒子が分散・拡散しているが、その固体粒子が電極間の流れの障害とならないかを実験した。

図5にER流体をシリンダに充てんしたときの速度変化を示す。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速度比で動くことから、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。

3-2 速度・停止制御

図6においてシリンダBにER流体を充てんし、空気圧0.4MPaで長さ20mm電極に一定電界を印加したときのシリンダの速度を示が、空気圧0.4MPa、印加電圧0Vで速度約35mm/secのシリンダの速度は、印加電圧の増加にともない直線的に低下した。ギャップ0.27mmの電極は印加電圧1.5kVで速度0mm/secと停止した。図6によりギャップの間隔、印

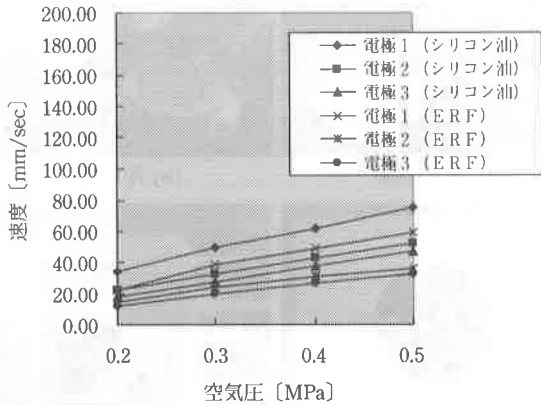


図5 空気圧—速度特性

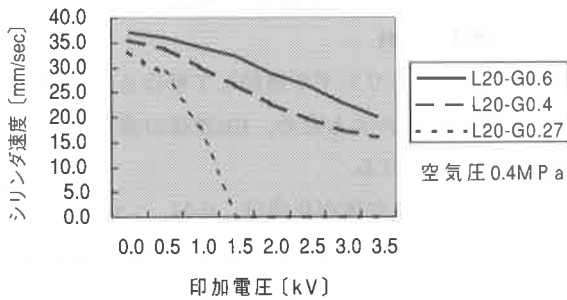


図6 電圧—速度特性1 (電極ギャップ特性)

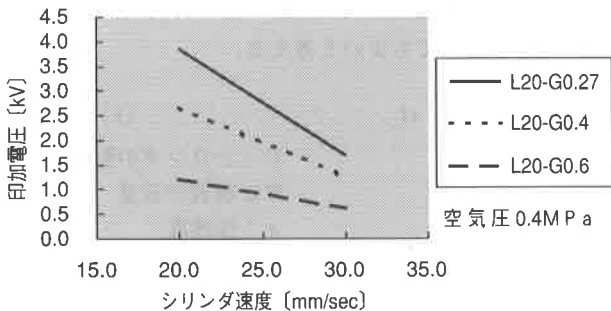


図7 速度—印可電圧特性

加電圧と速度の関係が明らかとなり、ギャップが狭くなるほど、印加電圧が低くてもシリンダの速度を落とすことができ、図7のように速度一定に制御するときの印加電圧とギャップはほぼ比例関係になっている。

これらのことより、ER流体を制御するには、狭いギャッ

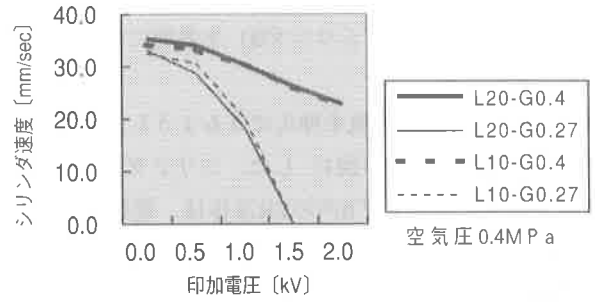


図8 電圧—速度特性2 (電極長特性)

プにすると、低い印加電圧で制御ができることがわかった。

3-3 電極長さ・速度制御

3-2の速度停止制御同様にシリンダBにER流体を充てんし、空気圧0.4MPaで長さの異なる電極(10,20mm)に一定電界を印加したときのシリンダの速度を図8に示す。

この結果から空気圧0.4MPa、印加電圧0Vで速度約35mm/secのシリンダの速度が、印加電圧増加にともない直線的に低下することがわかる。

図9より、シリンダの速度は電極長に関係なく、電極のギャップ間隔と印加電圧が制御に有効な特性があることがわかった。

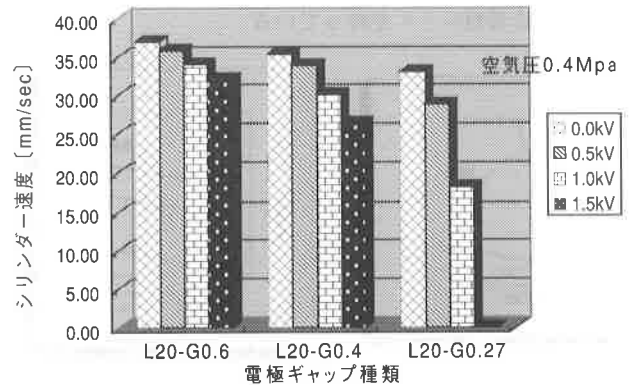


図9 電極ギャップ特性

これは、ER流体中では分散相は数 μm と電極の面積に比較して十分に小さいため、図10⁴⁾のようにER効果にて分散相がクラスタとなり、一つ一つのクラスタが十分に結合して、流体の流れを妨げているものと考えられるため、今回の実験で使用した3種類の電極面積では影響がなかった。

また、この実験で電極長30mmの電極で、同様の実験を行ったが、ER流体を電極間に流し込むと電極の電気抵抗が低下して、電圧印加ができなかった。これは、図11に示すようにER流体自体の電気抵抗が電極面積が大きくなったため、並列抵抗の原理により電気抵抗値が低下したためと考えられる。

4. 結 言

ER流体を用いたシリンダの速度・停止制御の可能性について、電極と装置を試作し、高性能電極の作製方法及び電

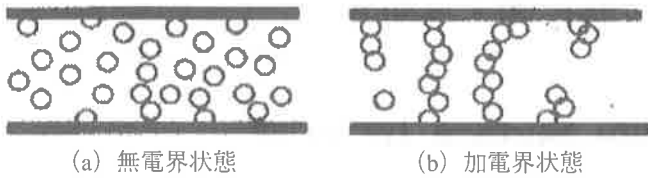


図10 ER効果

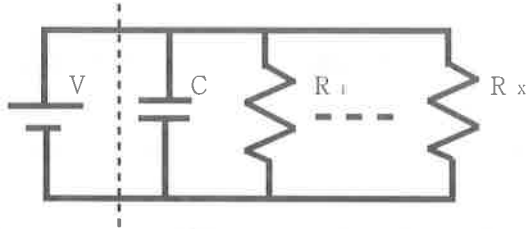


図11 電極電気等価回路

極一速度特性の点から検討し、次のことが明らかになった。

- 1) 高性能電極の作製にはワイヤ放電加工機が適当である。
- 2) 電極のギャップの狭くすると印加電圧が低が条件で制御ができる。
- 3) 電極長はER流体の分散相に対して $L=10\text{mm}$ でも充分に大きく、ER効果を実現できた。また、長すぎると並列抵抗の和により、電流が大きく流れ現実的でないこと

が分かった。

以上の結果から、ER流体の流れを制御する電極は分散相に対して、充分に大きく、ギャップ間隔が流れを妨げない程度に薄くすることが望ましいことがわかった。

最後に、ER流体の提供をしていただいた(株)日本触媒、シリンドラの改造に協力いただいたCKD(株)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位置制御に関する研究，山梨県工業技術センター研究報告，第11号，p102 (1997)
- 2) 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)
- 3) 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)
- 4) 小山清人 監修：ER流体の開発と応用，(株)シーエムシー，p3,210 (1994)
- 5) 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)