

# EHD (電気流体力学) ポンプ及び機能性材料の医療・福祉機器への応用

○三井和幸\*, 武井裕輔\*, 長妻明美\*, 中條龍一\*

## Development of the medical device and the welfare device which used the EHD pump or the functional material

Kazuyuki MITSUI\*, Yusuke TAKEI\*, Akemi NAGATSUMA\*, Ryuichi CHUJO\*

Recently, many types of functional fluid and functional material are applied to a medical and welfare field. Especially, importance of functional fluid and functional material is increasing in the device which needed the corresponding to a user's condition. In such a situation, we developed the EHD pump which applied the EHD phenomenon as application of functional fluid, and developed the Electro Attractive Material (EAM) as application of functional material. Then we are applying those developed devices to a medical and welfare device.

**Key Words** : EHD pump, Medical and welfare device, Actuator, Brake device

### 1. 緒言

近年医療や福祉機器分野に機能性流体や機能性材料の応用が進められている。特に人間の状態の変化に適合させることが医療や福祉機器には必要となってきたが、従来の材料や駆動源ではその対応が困難であり、その解決策として機能性流体や機能性材料の応用が期待されている。このような現状を鑑み我々は、機能性流体の応用として EHD 現象を応用した EHD ポンプを、そして、我々が Electro Attractive Material(EAM)と名付けた機能性材料を開発し、医療機器や福祉機器への応用を行っている。

### 2. EHD ポンプを応用した医療機器

#### 2. 1 Electro Hydro Dynamics(EHD)現象

Electro Hydro Dynamics(EHD)現象とは、Fig.1(a)のように絶縁性の液体中に挿入した電極間に高電圧を印加することで流れが発生する現象である。我々はこの現象を応用することで Fig.1(b)に示すような一方向の流れを発生可能な EHD ポンプの開発を行ってきた。更に、電極構造を直列に多段化することで、吐出圧力を高めることが可能である(Fig.2)。

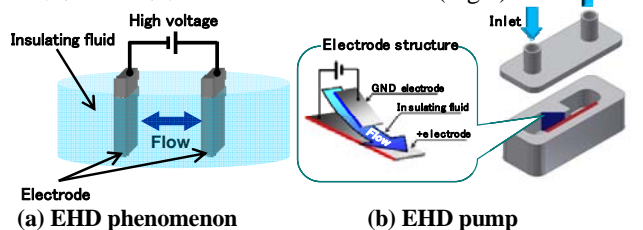


Fig.1 EHD phenomenon and EHD pump

\* 東京電機大学工学部先端機械工学科  
(〒120-0026 東京都足立区千住旭町5番)  
(E-mail: mitsui@cck.dendai.ac.jp)



Fig.2 Multistage of the electrode structure

#### 2. 2 EHD ポンプを応用した医療機器

EHD ポンプの医療機器への応用として、整形外科手術の際に患者に装着して使用するターニケットと呼ばれる止血装置の開発を行った<sup>1)</sup>。現在手術で使用されているターニケットは空気圧を駆動源にしており、一定の圧力を掛け続けて止血を行っているが、装着者の健康面に悪影響が出ている。これに対し、圧力を調整しながらの圧迫が患者への負担を軽減することが示唆された。そこで我々は上述した圧力を自由に調整可能な EHD ポンプをターニケットの駆動源とすることで問題の解決を目指した。開発した EHD ターニケットを Fig.3 に示す。



Fig.3 EHD tourniquet for human

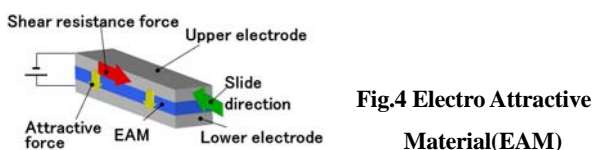
0~50[kPa]の範囲で圧迫圧を調整可能であり、腕を模した円柱に対し圧迫を行った際、およそ1分で0[kPa]から50[kPa]に到達することが分かっている。

### 3. EAM を応用した機器

#### 3. 1 Electro Attractive Material(EAM)

Electro Attractive Material(EAM : 電氣的吸引材料)

とは、我々が開発した機能性材料である。この EAM は、過去我々が粒子分散型 ER 流体内の粒子として使用していたものを基本に改良した粒子をシリコンゴムに練り込んだものである。そして、この EAM を Fig.4 に示すように導電性の材料を使用した電極で挟み電圧を印加すると EAM が電極を吸引する力を発生するという性質を有するものである。さらに、この吸引力の発生により、挟んだ電極の一方をスライドさせると、電極と EAM の間で摩擦力のようなせん断抵抗力を発生させることができる。なお、この吸引力とせん断抵抗力は、印加する電圧(実際には電界)の大きさ、および EAM と電極の間の接触面積に比例することがわかっている。



### 3. 2 EAM ブレーキデバイス

3. 1 で示した、EAM と電極の間で発生するせん断抵抗力を利用することで、印加電圧により制動力の調節が可能な新たなブレーキデバイスの開発が可能ではないかと考えた。例えば Fig.5 に示すように、円形の EAM を円形の電極で挟み軸を通すと、円形の電極を回転させることで電極と EAM の間に発生するせん断抵抗力を制動力として取り出すことが可能な回転型ブレーキデバイスを開発することができる。さらに、電極と EAM の間の接触面積を増加させるために、単に電極と EAM の直径を増加させるだけではなく、Fig.6 に示すように、電極と EAM の組み合わせを同一軸上に多層化させ、その結果としてより大きな制動力を発揮させることが可能となる。

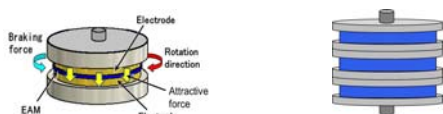


Fig.5 Schematic diagram of EAM brake Fig.6 Image diagram of multilayered brake

この考えに基づき共同研究者である藤倉化成と開発したものが Fig.7 に示した EAM ブレーキである。



Fig.7 The EAM brake developed with FUJIKURA KASEI CO.LTD.

この EAM ブレーキは、10 層の電極と EAM の組み合わせを内蔵しており、さらには増速比 1:6 の遊星歯車を搭載することで、外部から掛かるトルクを低減し、実質的に EAM ブレーキの制動力を 6 倍に増加させる方式を採用している。

### 3. 3 EAM を用いた上肢保持装置

現在高齢化が進んでおり、生産人口の減少が問題となっている。そのため、従来では生産人口に含まれなかった高齢者も生産に従事することが多くなっている。そこで、高齢者であっても生産活動に従事するためには、作業時に身体に掛かる負担の軽減が必要となってきた。この軽減策としてパワーアシスト機器のように重量物を対象とする作業でのサポート機器の開発は近年では盛んになってきているが、農業での摘果作業のように、一定の姿勢、特に上肢を挙げたままの姿勢によって掛かる負担を軽減する装置の開発は遅れている。そこで、我々は上述した EAM ブレーキを用いた上肢保持器具の開発を行っている。これは、Fig.8(a)に示すように肩に装着した EAM ブレーキに取り付けたロッドおよび保持部で任意の角度の位置で上肢を保持するものである。実際に開発した装具を Fig.8(b)に示す。



(a) Schematic diagram (b) The actually developed orthosis Fig.8 Upper limbs holding orthosis

## 4. 結言

我々は、機能性流体の応用として EHD ポンプを、そして、機能性材料の応用として EAM の開発を行い、それぞれの特徴を活かした機器の開発を行ってきた。今回は、整形外科手術に使用されているターニケットと呼ばれる止血装置の問題点解決のために EHD ポンプを応用した機器、そして作業中の姿勢、特に上肢を挙げたまま維持する作業のサポート装置として EAM ブレーキを応用した上肢固定装具の開発を行った。今後は、さらに機能性流体や機能性材料の医療や福祉機器への応用を目指し新たな機器の開発を行って行きたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 武井裕輔, 三井和幸他: 小型 EHD ポンプを駆動源としたターニケットの開発に関する基礎的研究, 平成 28 年度秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, 103-105 (2016)