

福祉機器への E R 流体の応用

ER fluid application for welfare devices

井上昭夫

株式会社 E R テック
Akio Inoue
ERtec Co.,Ltd.

1. E R 流体

E R (Electro Rheology) 流体とは、電圧の印加で粘性が大きく変化し、その変化が瞬間かつ可逆的な流体である。

E R 流体には、誘電性粒子を絶縁油に分散させた分散系と(高分子)液晶のように粒子を含まない均一系の2種があり、電圧を印加した際、前者はビンガム流動を、後者はニュートン流動を示す[1]。1990年頃には、主に自動車の振動吸収やトルク伝達への応用が検討されたが、性能(特に温度特性)、耐久性、信頼性などの条件に応えられる流体の開発が難しく、またその他の用途は流体材料としての市場が小さいことから、多くの化学系企業は開発から撤退した。

E R 流体の電圧印加による粘性変化は極めて速く、応答性に優れたブレーキやクラッチ(表1)が得られる。

表1 各種クラッチの性能比較

	ER クラッチ	MR クラッチ	パウダー クラッチ	電磁 クラッチ
トルク/慣性比	○	○	△	○
応答速度	数ミリ秒	数ミリ秒	数十~百 数十ミリ秒	数百マイ クロ秒
力覚提示性能	○	○	×	×
ヒステリシス	なし	あり	あり	なし
温度使用領域	△	○	○	○
粒子沈降問題	なし	あり	あり	なし
カフィードバック制御(センサ)	可能 (不要)	可能 (必要)	可能 (必要)	不可能

2. ER流体ブレーキ/クラッチ

ER流体ブレーキ/クラッチは、流体摩擦面を増やすため、多重ディスク型や多重シリンダ型(図1)が開発されている。

ER流体の作動には高電圧(高電界強度)の印加が必要である。多重シリンダ型は加工や組み立ての精度を出し易くシリンダ(電極)間の間隔を狭くでき、現在0.3 [mm]のものも作られており、450 [V]の印加でも1500 [V/mm]の電界強度が得られ、

原稿受付 2013年2月26日
キーワード: Electrorheology, Fluid, Application, Welfare, Rehabilitation, Training, Caster-Walker, Brake, Clutch
〒562-0046 大阪府箕面市桜ヶ丘2-1-31
Minoo-shi, Osaka

充分な制動力を発現する。ER流体は消費電力が少なく、450[V]程度の電圧(DC750[V]以上は高電圧機器に分類)で作動することは安全性のみならず、電源価格の面でも望ましい。旭化成エンジニアリング社は旭化成の開発したER流体を将来の市場の伸びが期待される介護・福祉分野へ展開することを考え、歩行器[2]や上肢リハビリ訓練装置[3,4]の開発を進めた。

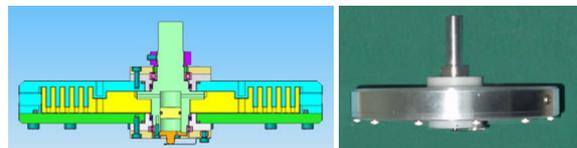


図1 多重シリンダ型 E R 流体ブレーキ

3. 自動ブレーキ付き歩行器

従来の歩行器には自動ブレーキ機構がなく、高齢や虚弱な使用者が移乗の際や体幹バランスを崩した際に、歩行器が前後に逃げて転倒を起こす危険があった。そこで前後車輪の中央に、ER流体ブレーキを内蔵した車輪を設置し、歩行器が急激に加速した際や、所定を超えた際に自動的にブレーキがかかるようにした。ER流体ブレーキの回転円盤の空洞部には速度センサや高圧電源が内蔵され、また歩行器本体の側面には使用者に合わせて条件を設定する制御箱が設けられている(図2)。ブレーキには高分子液晶系のER流体が用いられており、滑らかな制動ができる。

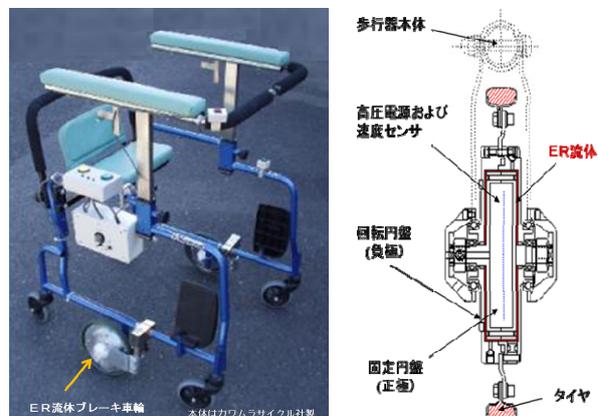


図2 ER流体ブレーキ内蔵車輪(右)を取り付けた歩行器(左)

4. 上肢リハビリ訓練装置

脳梗塞による上肢麻痺患者のリハビリ訓練に、モータとER流体クラッチを用いた三次元に上肢運動ができる装置(EMUL)を大阪大学と共に開発した。その後、ブレーキのみで力覚を表示できる安全性が一層高く安価で小型の準3次元の装置(SEMUL, 図3)を兵庫医科大学の科研費で開発したが、旭化成エンジニアリングが福祉機器事業から撤退したため、ERテックが正式に引き継ぎ開発を続けた。

患者は、リンク先端のグリップを握り、画像の指示に従い力覚を感じながらゲーム感覚で上肢を自分の意志で繰り返し動かす内に、脳に新しい神経伝達回路が形成され、上肢機能が回復すると言う脳の可塑性に基づく訓練である。

装置には小型化された同芯2軸型のER流体ブレーキが使用され、訓練ソフトや訓練結果の解析表示ソフトも充実されて、医療機関や福祉施設で臨床評価が重ねられている。

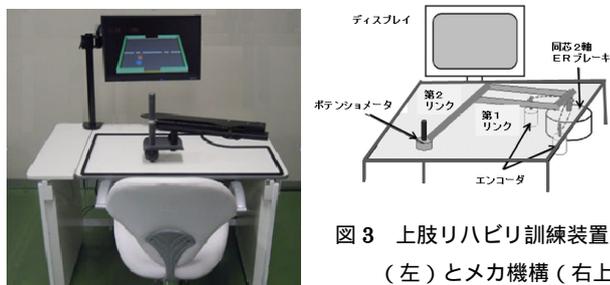


図3 上肢リハビリ訓練装置 (左) とメカ機構 (右上)

5. トレーニング装置

ER流体ダンパーも応答性に優れ、速度や抵抗力の制御に好適である。欧州では十年以上前からピストン型のダンパーを用いた筋肉トレーニング装置(図4)が販売され、リハビリやフィットネスにも用いられている[5]。



図4 トレーニング装置(左) とER流体ダンパー(右)

最近、日本でもER流体ブレーキを用いた下肢トレーニング装置(図5)の開発研究がなされている[6]。この装置は、ER流体ブレーキの制御により広い運動領域において訓練者のレベルに合わせた負荷や速度を与えることができる。従来の機器では難しい荷重下での開脚や閉脚などのスライド運動に対して、等速度運動トレーニングを実現したが、任意パターンの速度や負荷を与えるトレーニングも可能である。障害者や術後者の機能回復やアスリートの運動能力強化の他、運動機能の解析評価にも利用できる。

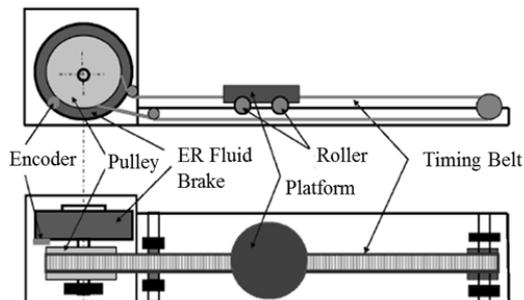


図5 下肢トレーニング装置 装置構成(上)と訓練法(下)

6. その他の用途

ER流体を用いたブレーキ、クラッチ、ダンパー等のデバイスは、いずれも消費電力が少なく、移動体や可搬の機器に適している。またモータを用いた人間共存型の機器では、ER流体クラッチを併用することで安全性が格段に向上する[7]。福祉、介護、医療、運動などの機器分野で、ER流体デバイスの応用が期待される。

参考文献

- [1] 井上, 笠: "エレクトロレオロジー (ER) 流体", 未来材料, Vol.2, no.8, pp.27-34, 2002
- [2] 井上: "福祉・健康機器への応用", フルードパワーシステム学会誌, Vol.37, no.5, pp.15-19, 2006
- [3] 古荘・小柳, 片岡, 笠, 井上, 竹中: "3次元上肢リハビリ訓練システムの開発 - 第1報", 日本ロボット学会誌, Vol.23, no.5, pp.629-636, 2005
- [4] 菊池, 小田, 胡, 福島, 古荘, 井上: "準3次元上肢リハビリ支援システムおよびそのソフトウェアの研究開発", 日本パーソナルリアリティ学会論文誌, Vol.13, no.1, pp.79-88, 2008
- [5] Fludicon社 カタログ, "Intelligent Motion", 2009
- [6] 木村, 小柳, 向井, 中江, 多田, 里田, 境, 他: "等抵抗負荷の側方抵抗レッグリーチ動作における支持脚の運動解析", 第39回日本臨床バイオメカニクス学会講演予稿集 010-4, 2012
- [7] 小柳, 古荘, 井上: "力覚提示のための高安全性アクチュエータ", 日本ロボット学会誌, Vol.22, no.3, pp.377-384, 2004

井上昭夫 (Akio Inoue)



1969年早稲田大学大学院理工学研究科, 高分子専攻, 修士卒, 博士(工学), 旭化成(株)でポリアクリロニトリルの繊維, フィルム, 膜, 液晶, ER流体等の研究開発に従事, 2003年日本レオロジー学会技術賞受賞, 2003年(株)ERテック設立