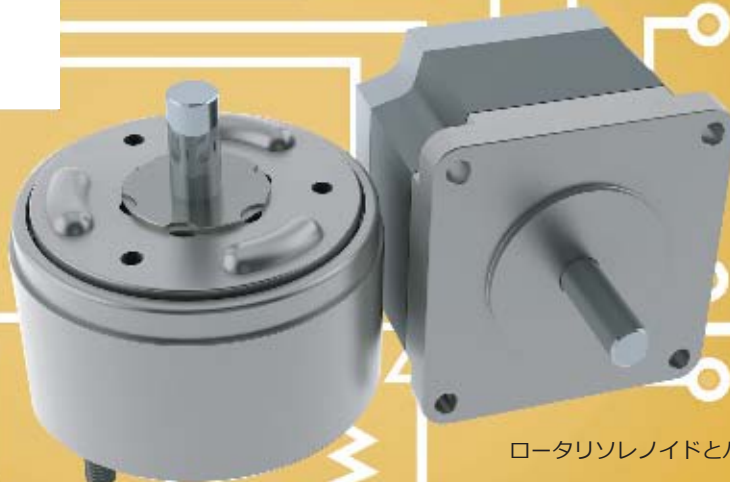


めかろ通信

ソレノイドと モータの違い

ロータリソレノイドとモータは同じ回転型のデバイスですが、その性格は大きく異なります。



ロータリソレノイドとパルスモータ

< ソレノイドとモータ >

アクチュエータについて、Wikipedia では以下のように記載しています。「アクチュエータはものを動かす駆動装置と、その動作により制御を行う機械的あるいは油空圧的装置。利用する作動原理（入力するエネルギー）によりさまざまなものが開発され利用されている。一般には伸縮・屈伸・旋回といった単純な運動をするものに限られ、電動機（モーター）やエンジンのような動力を持続的に発生させるもの単体を指してアクチュエータとは呼ばない」。しかし、私たちがものを動かす機構をイメージしたとき、その動力源として真っ先

に思い浮かべるのは「モータ」ではないでしょうか。日産600万台ともいわれるモータは、小さな身の回りの道具から大規模なインフラに至るまで私たちの生活の隅々にいきわたり、なくてはならないものとなっています。新電元メカトロニクスの製品である「ソレノイド」もアクチュエータの一種です。モータには及ばないものの様々な用途で広く使用されています。そこで、今回はモータと対比しながらソレノイドの特徴について考えてみます。

■ 1. モータの原理

モータはどのようにして回転力を得ているのでしょうか。ソレノイドはなぜ力を発生するのでしょうか。ソレノイドもモータも磁力で動きます。磁力とは磁石を鉄板に近づけたときに吸着する力で、身の回りで日常的に経験するでしょう。そして、鉄心とそれに巻きつけた電線とで構成されたものが電磁石で、電磁石の発生する磁力が電磁力です。ソレノイドもモータもこれを応用しています。

小学校の理科の授業で習うモータは最も簡単なモータの例です。覚えている人も多いと思います。固定した一組の磁石の間で回転できるように配置した鉄心に電線を巻いてコイルを作ります。ブラシ、整流子を経由して電流を流すと、この電流で回転子が電磁石になります。これが磁石に引かれるようにして回転します。あるところまで回転すると整流子に

よって通電方向が切り替えられ、今度は反対側の磁石に引かれるという具合で回転が継続します。これが整流子型DCモータの原理です。

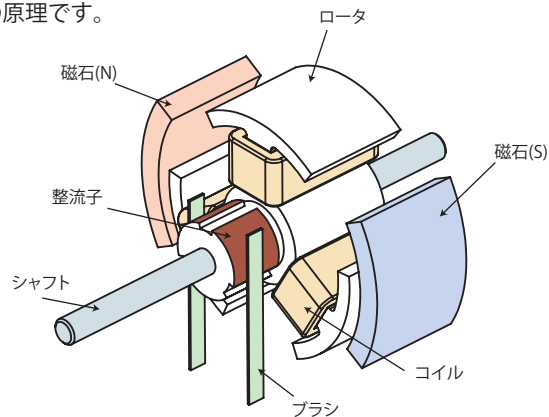
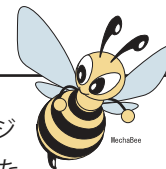


図1 3極整流子モータの構造





このように、モータは回転子が回転し、磁石との距離が近くなると整流子でコイルを次々と切り替えて回転を継続します。整流子型 DC モータは整流子で電流を切り替えますが、ブラシレス DC モータは電子回路で電流を切り替えます。また、交流モータはコイルの切り替えはしませんが交流電源を使用するため、電源電圧の変化が回転磁界を生じさせ、これを利用して回転します。

このほかに良く使われる小型モータとしてパルスモータがあります。パルスモータは複数の磁極ペアの駆動コイルを順次切り替えることで回転します。回転速度（ステップ速度）は駆動コイルの切り替え速度を変えることで自由に調整ができるため、制御性が極めて高くなっています。複数コイルの通電パターンをデジタル的に切り

替えることで駆動が行われるため、デジタル制御との相性がいいのも特徴です。ただし、専用のドライブ回路が必要となっています。このように、モータは何らかの切替機構を持っています。整流子で機械的に切り替えるもの、タイミングを検出しながら電子回路で切り替えるもの、予め定められた通電パターンに従ってデジタル的に切り替えるもの、または切替機構を持たず電源を交流としその変化を利用するものなど種類は様々です。ソレノイドはこの切替機構を持たず、単一の磁極ペアで発生する力を利用します。このため、大きな移動距離を得るのが難しい一方で、構造が簡単で駆動に特別なドライバを必要としないといった特徴が生まれます。

■ 2. 代表的応用例

例えばモータで扇風機のようなファンを回したい場合は、エンドレスで回転を行うのでモータの出力軸にファンを直結するだけで実現できます。

モータでウインチを駆動し、ロープを巻き上げて荷物を持ち上げるような場合はどうでしょうか。モータのシャフトで直接回したのではトルクが足りないでしょうから、減速機で減速してトルクを増加させる必要があります。必要な運動は回転ですが、エンドレスではなく一定数回転したら逆回転して戻す必要があります。

ある製品にマーキングのためにスタンプを押す必要がある場合、スタンプの駆動は直進往復運動です。スタン

プを待機位置から押印位置まで駆動した後、待機位置まで戻すという双方向駆動が必要です。モータの回転運動を直進運動に変換する必要があります。力はそれほど必要ありませんが、移動は速い方が良いでしょう。このようなとき、まず機構的にはギア等で回転運動を直進運動に変換して機械的な動きを作ります。そしてスタンプを押す下限位置と戻した待機位置とを何らかのセンサで検出した上で、駆動指令に従い、下限位置まで正回転した後で待機位置まで逆回転するといった制御が必要となります。DC モータなら逆回転は通電極性を変えるだけです。

では、これらの機構をソレノイドに置き換えるとどう

でしょう。最初の扇風機のファンですが、ソレノイドにも回転型があるものの、これは一定角度の往復運動をするもので、エンドレス回転の必要な扇風機のファンを駆動することはできません。

マーキングのためのスタンプを駆動するような場合、ソレノイドは直進運動が基本ですから変換機構は不要で、負荷を直接駆動できます。スタンプを押す下限位置、戻した待機位置をそれぞれ機械的なストッパで位置決めして作動範囲を決めておけば良く、駆動指令に従って必要な時間だけコイルに通電すれば押印位置まで移動し、待機位置までは戻しはねで戻します。位置を検出しての制御は要りませんし、極めて高速な作動が可能です。ただし、ウインチでの巻き上げが必要な重い負荷を大きな距離にわたって引き上げるような用途には使うことができません。

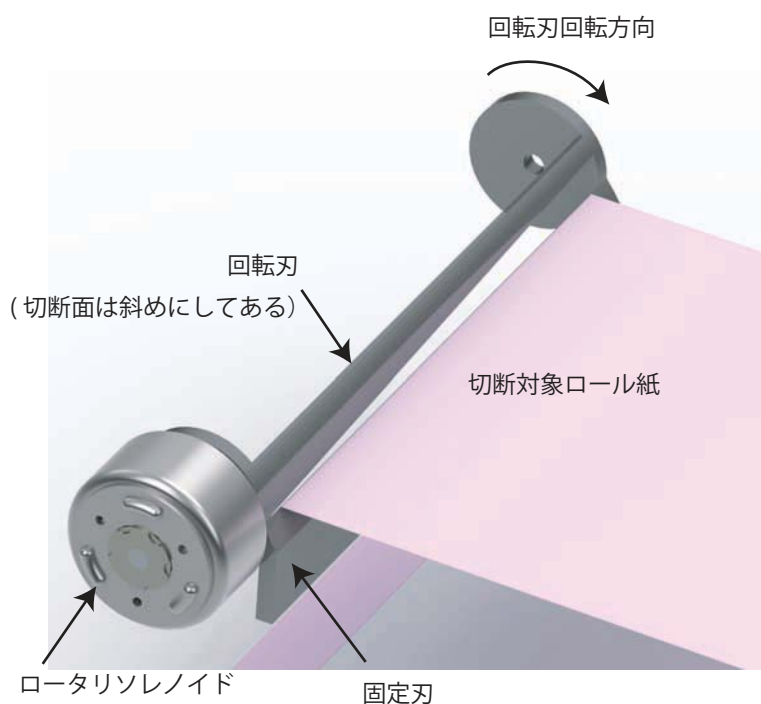
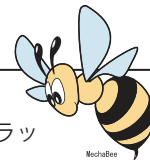


図2 ロータリソレノイドを利用したロール紙カッタ機構



回転運動を要求するアプリケーションでも一定角度の往復運動を要求する用途があります。たとえば、ロール紙を所定の位置で切断するためのカッタ機構などはこれに該当します。このカッタ機構では固定刃と回転刃の組み合わせでロール紙を裁断します。回転刃は予め定められた回転角度だけ回転運動します。裁断後は逆回転で待機位置に復帰します。裁断速度は短時間に済ませたいので高速回転が望まれます。

ロータリソレノイドなら回転刃の直結という極めて単純な機構で構成でき、高速性も実現できます。電気的な制御は不要で、単純にソレノイドに通電するだけです。この機構は刃が切断対象物に接触する際の速度が重要で、速度がある程度確保できないと切れ味が極端に低下します。速度が重要なのです。モータで駆動する場合には減速機を経由して回転刃を駆動し、裁断後に終端を検出したら逆回転させて待機位置に復帰するという制御が必要です。減速機で速度が犠牲になってしまいます。

ある製品を搬送するベルトなどを使用したフィード機構の中で、分岐が必要なときは、進

路を切り替えるフラップを配置します。このフラップは一定角度回転するようになっており、閉じているか、開いているかの2位置に駆動されます。この機構もロータリソレノイドにフラップを直結して必要なときに通電するだけで実現できます。減速機構なしで直接駆動しますのでモータにできない高応答が期待できます。この機構における作動速度は装置の能力を直接左右する重要な要素です。モータで構成した場合は、減速機構に位置検出センサを設けて、正転または逆転を判断して通電します。フィード速度によっては高速性が要求されるので、減速比の制約からモータのトルクもそれなりに必要となります。

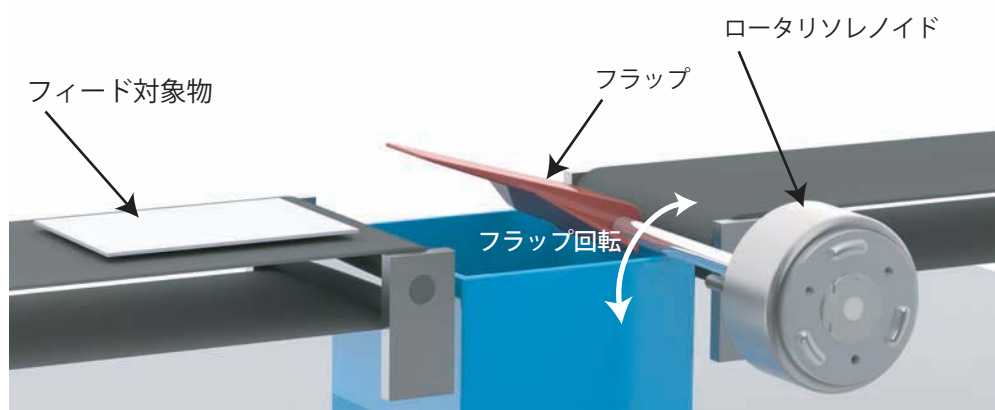


図3 ロータリソレノイドを利用したフィード機構

■ 3. 駆動テクニックで得られる能力

作動速度が、発生する衝撃の緩和や騒音の防止として重要な問題となるとき、アクチュエータの作動速度を制御する必要があります。モータでの駆動の場合は駆動電圧や周波数、駆動パルスレートなど、形式によって手段は異なるもののその自由度は低くはありません。モータの大きな特徴です。

一般的なソレノイドの場合、原理的に作動速度を変えるのは難しく、仮に駆動電圧をゆっくりと変化させたとしても負荷を上回る推力が発生したところで一気に作動してしまいます。しかし比例ソレノイドと呼ばれるものは、一般的なソレノイドでは困難な制御性を得られるように工夫されています。各種油圧バルブの操作や、ディーゼル内燃機関の燃料供給量の調整用などとして広く用いられています。あまり大きなストロークは得られませんが極めて高精度な位置制御が可能です。位置指令値の与え方次第で速度も変えられます。

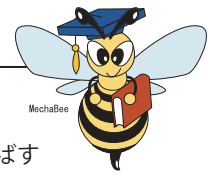
パルスモータの場合は駆動パルスに応じた位置に回転させることが可能ですから、同様に位置制御が実現できます。静止位置の精度は極めて高く、回転角度を検出することなく目的の角度位置が得られ、位置制御には使いやすいデバイスです。ただしその分解能は磁極の構造から決まり、これ以下にはできません。比例ソレノイドの場合はこの分解能は無限小です。パルスモータは位置の保持も可能ですが、比例ソレノ

イドは自身で位置保持能力を持たず、対抗ばねとのバランスで位置制御を行いますのでばねとの組み合わせが条件です。

さて、速度の考え方はアプリケーションによって様々です。超高速回転を売りにする DXXX 社の掃除機などは小型のブラシレスモータにより 10 万回転もの回転速度で高性能を獲得しています。この掃除機に求められているのは連続高速回転ですが、通路の開閉を高速で行いたい場合などは必要な条件が少々異なります。絶対速度でなく、加速度が重要となるのです。そこで、今度は加速度に着目して考えてみます。

限定区間での往復速度を求めるような用途には、モータでは機構的に工夫が必要です。減速機の減速比をできるだけ落とす必要があります。加速時には大きな電力を加えますので放熱も重要です。また、加速度を高めるには回転子が軽量である方が有利です。パルスモータの場合には、作動区間を駆動パルス数で管理できますから終端センシングを不要にできます。機構的には向いていますが、回転可能な最高回転数には一定の加速期間を経て到達する必要があり、静止状態からいきなり最高回転数で回転させることはできません。停止も同じで、減速期間をおいてから停止させる必要があります。無理に加速や停止をさせると脱調し制御不能となってしまいます。加速度を必要とする場合には繊細な制御が必要となり





ます。ソレノイドの場合、高速動作は得意で終端のセンシングによる制御など必要ありません。機構的には極めてシンプルで駆動も簡単です。さらに速度を得たい場合には、駆動初期にオーバドライブを行うことで効果が望めます。特に終端でのインパクトが必要なときには、駆動初期に大きな推力が得られるソレノイドを選択し、できるだけ大きなオーバドライブを行います。これにより作動初期に十分な加速力を与えて接触時の速度を稼ぎ、大きなインパクト力を得ることができます。モータでインパクトを発生させる場合には、ばねを巻き上げて一気に開放することで衝撃を得る方法が一般的です。良

く知られているものに、遊技機の金属球を飛ばす機構があります。モータでばねを巻き上げ、カムで一気にリリースしますが、ばねのテンションを手元の操作レバーで調整することで飛距離を調整する仕組みです。

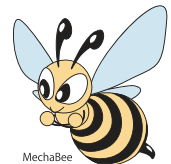
※オーバドライブは一時的に定格電圧を超える電圧を印加し、必要な時間後に定格、またはこれを下回る電圧に落とす駆動方法です。高速性や一時的に強い力の必要なときに使用します。連続でこの電圧を印加した場合にはコイルの加熱で問題を生じますから、ソレノイドの印加可能な電圧と通電可能時間をカタログでご確認ください。

■ 4. 駆動にあたって注意の必要なこと

電磁石の発生する磁力は、構成するコイルの巻回数とそこに流す電流の大きさに比例します。従って大きな電流を流せばそれだけ大きな力が得られますが、同時にコイル内での損失も増えることになり発熱が増加します。コイルを構成するワイヤや巻枠の耐熱性、電磁石が置かれた環境温度などで加えられる電力は制約を受けますから、カタログに記載されている値を守らないと発熱が規定値を超え、最悪焼損するということになります。これはソレノイドでも DC モータでも同じです。

駆動にあたっては逆起電力にも配慮が必要です。DC モータが回転する際に整流子に火花が飛ぶのを見たことがあるでしょうか。これは整流子がコイルを切り替える際、流れた電流を遮断するために発生します。この状態でラジオを近づけると大きなノイズが発生するのが確認できます。この現象はコイルに蓄えられたエネルギーが

整流子で放出されるために起こり、周辺に設置した電子回路に影響することがあります。ソレノイドでも電流を遮断する際にコイルに蓄積されたエネルギーの放出で大きな電圧が発生し、スイッチやスイッチ用の半導体素子に影響を及ぼしますので適切な処置が必要です。火花による雑音の防止にはセラミックコンデンサ等を挿入しますが、比較的大きなものはバリスタが使われます。また、整流子の形状に合わせた専用品もあります。発生する火花は整流子にダメージを生じさせるので、寿命の決定要素でもあります。パルスモータの場合、専用の駆動回路または駆動チップを使用するのが一般的で、ここに対策が含まれているでしょう。ソレノイドの場合の対策はダイオードの挿入が一般的です。(詳しくはめかとり通信第 20 号、第 21 号をご覧ください)



■ 5. 終わりに

ソレノイドは万能のアクチュエータではありません。ただし、特徴を正確に心得て使用すればシステムの性能面だけでなくコストを含む総合面でのメリットがあります。「めかとり通信」がその理解の一助となれば幸いです。

ソレノイドのメリットを確実に享受できる応用のうち、フェールセーフはその代表とも言えます。次号ではこのあたりを中心にご紹介することを計画しています。ご期待ください。

■この資料の内容は改良の為、お断り無く変更することがありますのでご了承ください

2017 年 5 月現在

「めかとり通信」に関するお問い合わせは

新電元メカトロニクス株式会社 <http://www.shindengen.co.jp/smt/>

本社 : 〒357-0037 埼玉県飯能市稲荷町 11 番 8 号 TEL 042(971)6212 FAX 042(971)6218
西日本支店 : 〒460-0003 名古屋市中区錦 1-19-24 名古屋第一ビル TEL 052(219)9711 FAX 052(201)4780
茜台工場 : 〒357-0069 埼玉県飯能市茜台 2 丁目 1 番 5 号

新電元メカトロニクスのソレノイドのご用命は