

「ステッピングモーターの特徴」

構造と制御方法から特徴を考察してみます。

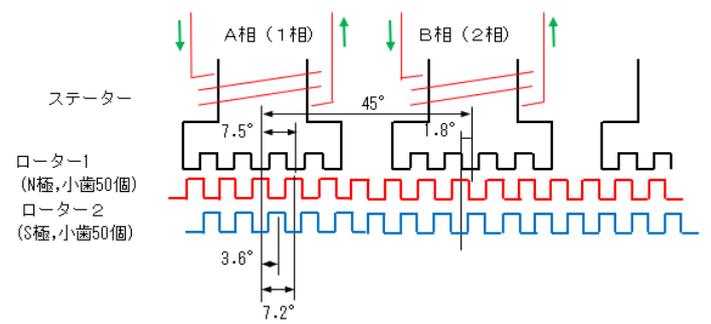
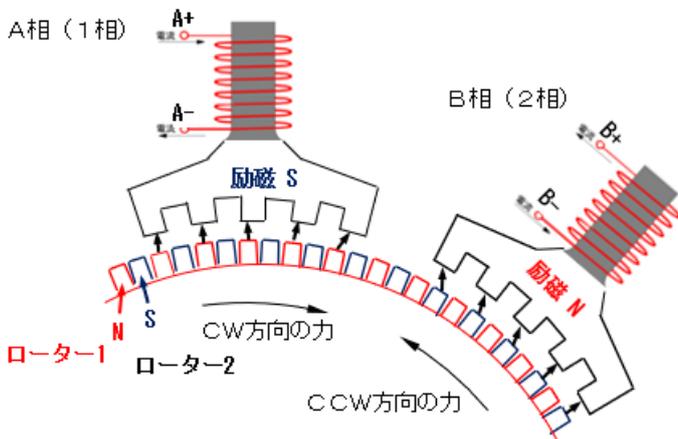
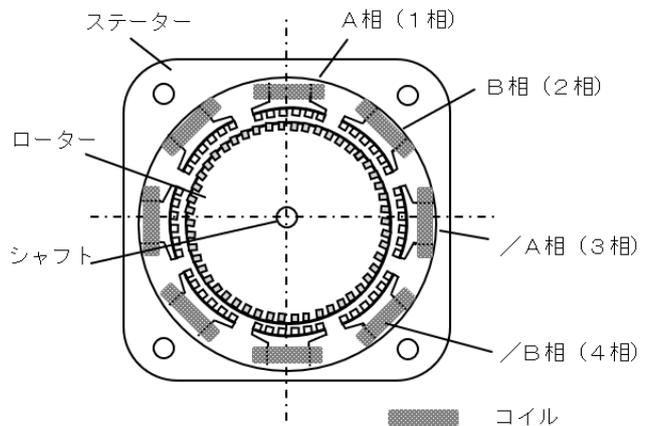
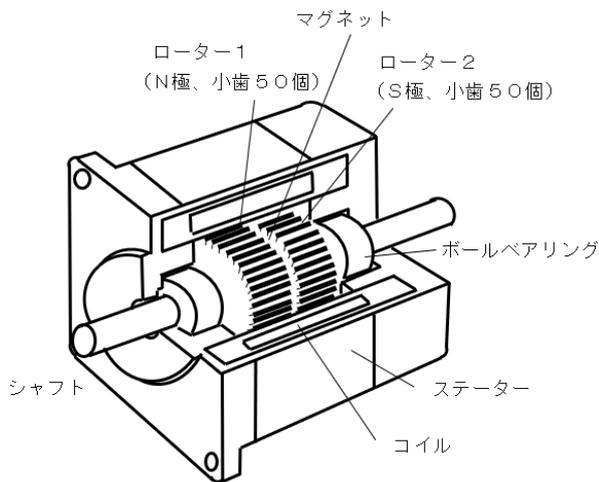
1. ステッピングモーターの動作のしくみ

ステッピングモーターの構造は、図のようにローターの永久磁石とステーターのコイルに電流を流す励磁による電磁石の構成になっており、ローターとステーターの磁力の吸引・反発によりバランスが取れたところで停止します。

ステーターの磁極を N、S、N、S・・・とシーケンシャルに切り替えるとローターはそれに追従して回転し、切り替えを止めるとローターは停止します。このシーケンスを早くするとローターは早く回転し、シーケンス順を変えると回転方向を変えることができます。

シーケンスを 1 ステップ進めると機械的に決まった角度にローターが回転します。

2 相のステッピングモーターであれば 1.8° 回転します。



電流の方向による励磁シーケンス

ステップ	A 相	B 相
1	/A→A	/B→B
2	A→/A	/B→B
3	A→/A	B→/B
4	/A→A	B→/B

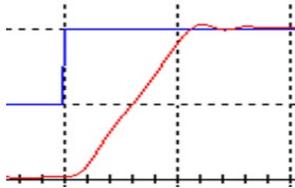
CW
↓

↑
CCW

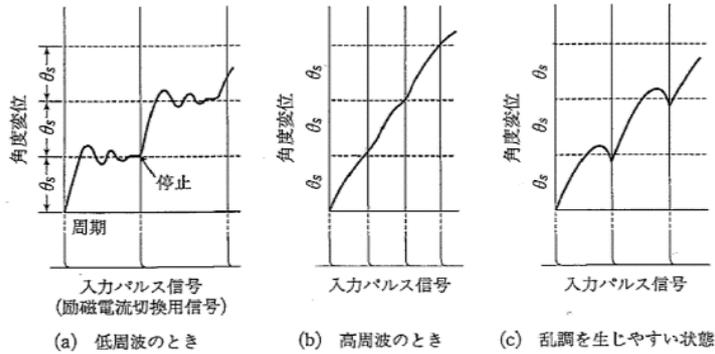
1-2. 脱調

ローターが連続動作するときに、ステーターの磁極切り替えシーケンスの早さ（周波数）によって振動の状態が変わります。低い周波数の場合はオーバーシュート、アンダーシュートしながら停止に向かいますが、高い周波数ではオーバーシュートから次の動作に移っていき、乗り移れない場合はローターは追従できずに回転できない、脱調という現象になります。また、周波数が急激に変化する場合も脱調します。

ローターの 1 Step 応答波形



青：励磁切り替え
赤：ローター動作



1-3. 乱調

アンダーシュートのときに次の励磁切り替えのシーケンスが来ると逆方向に動作しなければならず、このときも次の動作に移れない、乱調という現象になります。

*脱調、乱調に関しては、次を合わせて参照ください

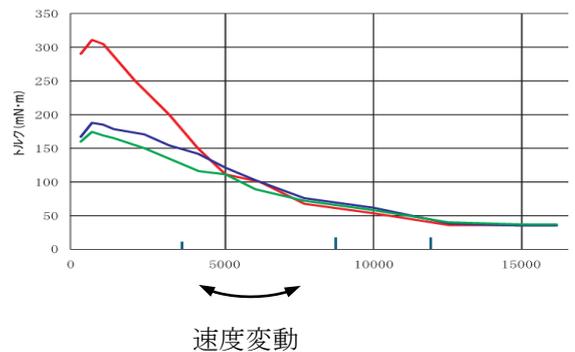
「特集、ステッピングモーターステッピングモータードライブ IC の使い方、第9回 ステッピングモーターの誤動作」

1-4. トルク特性

ステッピングモーターは停止しているときに、ステータとローターの磁力が最も強い、つまり動作の起動時に最も高いトルクが得られます。

また、速度を早くしていくとステータとローターの吸引・反発が徐々に小さくなりトルクが落ちていきます。

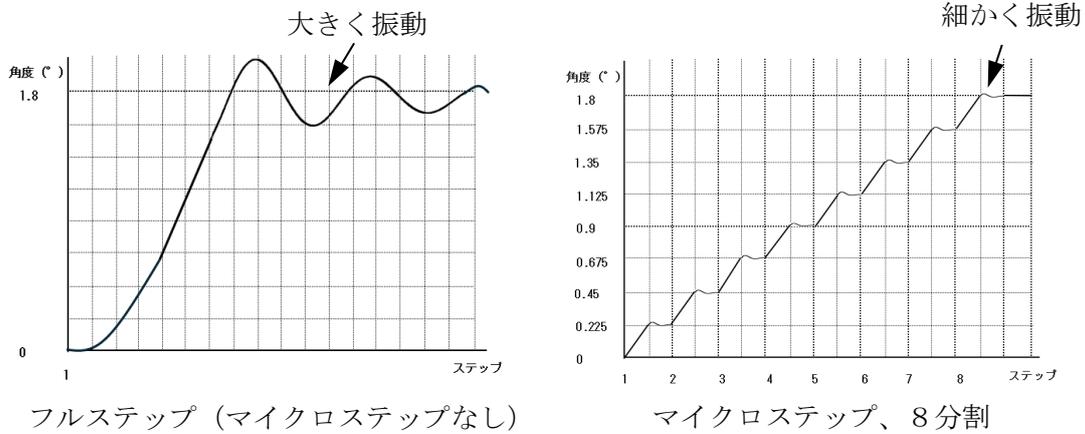
速度変動があるとトルクもそれに合わせて変動します。



1-5. マイクロステップ

・低振動

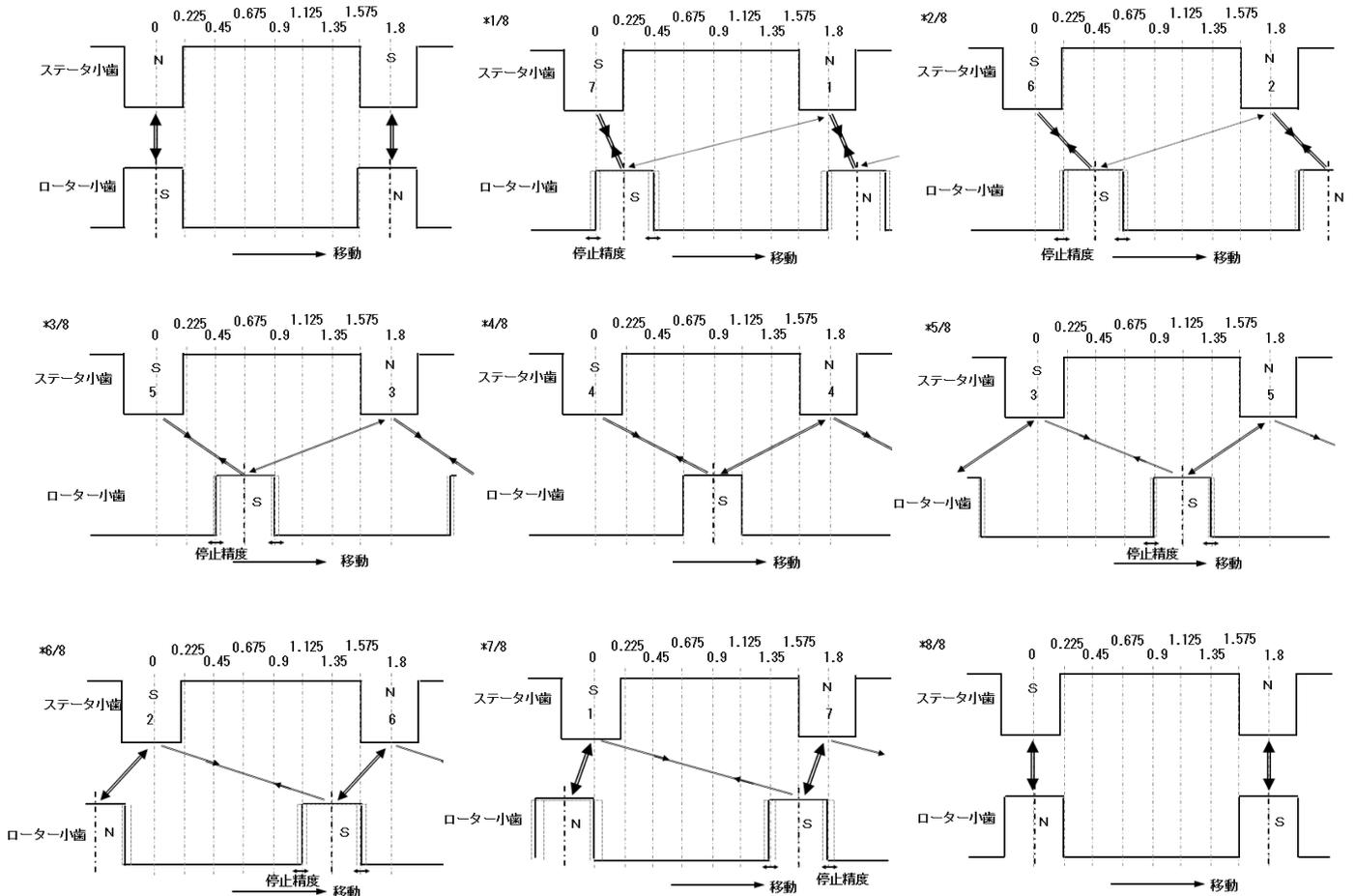
ステーターのコイルの電流を分割して流すことで停止位置を細かくし振動を抑える方法です。図は、1ステップを8分割したときの振動のイメージ図です。



・停止位置精度

図は、マイクロステップのときにローターの移動をイメージにした図です。

分割した停止位置精度は、ステータとローターの各小歯の吸引・反発のバランスで停止するため、1ステップが1.8°のモーターであれば、0.9°、1.8°のときが最も吸引・反発のバランスが良く、それが停止精度に影響します。つまり、マイクロステップは停止位置を細かくし振動を抑えることはできますが、停止精度から見ると0.9°、1.8°ごとに停止させた方が良くなります。



1-6. ステッピングモーターの特徴

これらの特徴から長所、短所をまとめてみます。

○長所

- ・機械的に決められた角度で停止する
- ・ステーターとローターの吸引・反発の力、外部負荷である外力のバランスにより完全停止する
- ・ステーターの励磁切り替えシーケンスに即座に反応し回転する

○短所

- ・ステーターの励磁切り替えシーケンスの周波数が高く、追従できない場合は回転できず脱調する
また、急激な変動でも脱調する
- ・特定の周波数で乱調がある
- ・ステーターとローターと吸引・反発の力で動作するので振動があり、また振動音を発生する
- ・起動時のトルクが最も高く、速度が上がるとトルクが徐々に下がっていく
- ・励磁切り替えシーケンスの周波数に変動があるとそれに伴うトルク変動もある

○その他

- ・ステーターの電流を分割し、それに合わせローターの停止位置が細かく変わることにより振動を少なくする方法として、マイクロステップがある
- ・マイクロステップの停止精度、1ステップが 1.8° のモーターであれば、 0.9° 、 1.8° ごとの停止精度が高い

*ステッピングモーターを制御側から見ると制御に即座に反応するが、速度変動への対応が苦手
振動しながら動作するモーターと言えます。

ステッピングモーターについてのお問い合わせは当社ホームページよりお願いいたします。

マブチモーターNPM 株式会社 <https://www.pulsemotor.com/>