

## モータ用語

## モータ本体・各部の名称

エアギャップ (空隙)	回転子と固定子間の隙間あるいは距離を呼ぶ。エアギャップが狭ければ狭いほど、磁束密度が大きくなるため性能は上がる。しかし、高精度の加工が必要になることや、高速回転や長時間運転によって各部が熱膨張して、エアギャップが変化することを考慮する必要がある。
磁界 (Field)	回転力を発生させるための必要な磁束Bを供給する部分。永久磁石で構成するものや、巻き線で電磁石を形成するものなどがある。
回転子 (ロータ)	ロータに供給した電気エネルギーを、回転という運動エネルギーに変換する部分。軸から回転力(トルク)としてエネルギーを取り出す。永久磁石や磁性材料でできた回転子や、かご型、突極型、巻き線型などさまざまなタイプがある。巻き線型の回転子のことを特に電機子と呼ぶことがある。
くま取りコイル	くま取り極型の単層誘導モータでは、ステータの極歯に溝を設け、これに短絡した銅線をはめ込むことがある。このコイルのことをくま取りコイルという。
固定子 (ステータ)	回転子に対して静止している部品を指す。永久磁石で磁極の位置が固定されているものや、巻き線で回転磁界を発生するものなどがある。
スロット (溝)	電機子に巻き線を巻きつけるために鉄心に設けた溝のこと。溝のある部分と無い部分で磁気特性が大きく異なるため、脈動を発生することがある。このため溝の無い鉄心の表面に巻き線を巻きつけたスロットレス型電機子(平滑電機子)もある。
清流子 (コミュテータ)	電機子の巻き線を通る電流の方向と相を切り替える部品。正極のブラシから供給される電流を受け取って巻き線に流し、負極のブラシへ電流を返す。
鉄心 (コア)	電機子巻き線に磁束を導くための高透磁率部材で、これに巻き線が巻きつけられる。磁気特性に優れたケイ素鋼鉄を数十枚重ねたものを用いる場合が多い。
電機子 (アーマチュア)	回転力を発生させるために必要な電流 <i>i</i> が流れる部分をいう。DCモータでは回転子(ロータ)が電機子である。電機子には巻き線(コイル)が巻かれており、巻き線には交番電流が流れることが要件とされる。形状が同じ巻き線でも直流が流れる場合は、磁界Bを作る界磁である。
ブラシ	回転する電機子に整流子を介して電流を供給する部品。整流子との間で火花を発生することがある。炭素粉体に銅や銀を混合して圧縮したものは火花の発生が比較的少なく、マイクロモータを含めて広く使われている。コアレスモータは接触抵抗の少ない金、パラジウムなどを使うことが多い。
巻き線 (コイル)	モータに電流を流す電線を蜜に巻いた部分。単位断面積あたりの電流が大きければ大きいほど、電磁力が大きくなるため、巻き線の巻き方、電線の断面形状、電機抵抗などの改良が繰り返されてきた。長方形断面や扁平断面の巻き線も使われている。超伝導コイルを使うと巻き線の電気抵抗がゼロになるため、大量の電流を流すことができ、永久磁石の代わりとなる強力な電磁石を作って界磁を形成することができる。

## 電気の基礎

アドミタンス アラゴの円板	インピーダンスの逆数。交流電流の通り易さを表す。 仏の科学者 Arago が実験した誘導モータの動作基本原理のこと。軸で支えた回転可能な円板の周辺を磁石の両磁極間で挟み、この磁石を円板周辺に沿って回転すると、円板が磁石を回した方向に磁石の回転速度より少し遅い速度で回転する。回転の原理は誘導渦電流による磁極と永久磁石の磁極の反発、吸引によって説明できる。
インダクタンス	回路を流れる電流値が変化すると、電流変化を妨げる方向に逆起電力が働く。電流の時間的な変化に対する逆起電力の比をインダクタンスという。インダクタンスを <i>L</i> 、逆起電力を <i>e</i> 、電流を <i>i</i> とすると、 $e = -L (di/dt)$ となる。インダクタンスには電流変化と逆起電力が同じ回路で生じる自己インダクタンスと、別の回路で生じる相互インダクタンスがある。
三相交流	回路内に120°ずつ位相がずれた3種類の起電力がある交流。通常3線で配電する。同じ電圧でも、単相交流に比べて大きな電力を送ることができる。



磁界	磁力の働く場所。単位磁気量をもつ磁極に働く力の度合いを磁界の強さという。単位磁気量とは、1 Aの電流が流れる導線の周囲を電流によって生じた磁界から受ける力に逆らって、磁極を一回りさせるのに要するエネルギーが1 Jになるとき、磁極のもつ磁気量で1 Wbと定義する。ある磁界の中で磁気量mの磁極が磁力Fを受ける場合、磁界の強さ $H = F / m$ となる。
磁気抵抗 (レクタンス)	磁気回路の抵抗。 $\mu$ を磁気回路lの部分の透磁率、Sを磁気回路の断面積とすると磁気抵抗 $R_m$ は、 $R_m = l / \mu S$ である。
磁束密度	磁気量を持つ磁極からでる仮想的な線の束を磁束という。磁気量mの磁極からはm本の磁束が出る。磁束に対し垂直な面を貫く磁束の、単位面積あたりの本数を磁束密度という。
単相交流	回路内の起電力が1種類の交流。通常の家用に配電される電力は単相交流である。2線で配電することが多い。
透磁率	磁束密度をB、磁界をHとすると、 $B = \mu H$ となる係数 $\mu$ を透磁率という。 $\mu$ は磁界の存在する物質の種類と状態によって決まる。また、次による真空透磁率 $\mu_0$ との比 $\mu_r$ を比透磁率と称し、磁気の通り易さの目安にする。 $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$
パーミアンス	磁束の通り易さを表す量で磁気抵抗の逆数。磁気回路において、パーミアンスを $\Lambda$ 、巻き線数をN、インダクタンスをLとすると、 $L = N^2 \Lambda$ が成り立つ。
ヒステリシス	強磁性体に磁界Hを加えると、強磁性体が磁化する。Hを増やすと強磁性体の磁化による磁束密度Bも増大するが一定以上は増えない。この状態から今度は磁界Hを減らしていくと、最初は強磁性体の磁化による磁束密度Bは減らないが、Hの値が負になってから急速にBの値が減少し負になる。しかし、Bの値はある値で減少しなくなる。再びHを増やすと最初はBが増えないが、Hは正の値になってからBは急速に増加する。しかし、途中で増加は止まり一定の値以上増えない。Hが増加傾向にあるときと減少傾向にあるときではBの値が異なる。これをヒステリシスという。そのため、Hの増加、減少を繰り返すことにより磁気履歴曲線はループを描く。これをヒステリシス曲線といい、ループを描くことで失うエネルギーをヒステリシス損という。
ファラデーの法則	ファラデーの電磁誘導の法則とファラデーの電気分解の法則の総称。電磁誘導の法則は導線が磁力線を切るとき、単位時間内に切る磁束数に比例した起電力が導線に生じるという法則。電気分解の法則は電解液に直流電流を流したとき、電流によって分解される物質の量が電解液を流れた総電流値に比例する法則。
フレミングの法則	右手の法則と、左手の法則がある。右手の法則は磁場内に磁力線に垂直に置いた導線を磁場に垂直に移動したとき、導線に流れる誘導電流の方向を示す。右手の中指、人差し指、親指を直交するように立てたとき、人差し指を磁場の方向、親指を導線の移動方向とすると、中指の指す方向に誘導電流が流れる。左手の法則は、磁場内で磁力線に垂直に置いた導線に電流を流したとき、導線が受ける力の方向を示す。左手の中指、人差し指、親指を直交するように立てたとき、人差し指を磁束の方向、中指を電流の流れる方向とすると、親指の指す方向に導線が力から受ける。
保持力	強磁性体の磁化による残留磁気を0にするために必要な逆磁界の強さ。永久磁石の性能を表す尺度の一つ。永久磁石は保持力が大きいほど良く、モータや変圧器の鉄心などはヒステリシス損を小さくするため、保持力が小さいほど良い。
ホール素子	米国の物理学者 Edwin Herbert Hall が発見したホール効果を利用した磁気センサ。同効果は半導体に流した電流の方向と垂直に磁界が加わったとき、半導体中で電流と磁界の両方に垂直な方向に電圧が生じるもの。同センサは静磁場も変動磁場も検出でき、小型で信頼性が高い。しかし、温度変化に伴って特性が変化するのが欠点。
誘導渦電流	磁場内に導体を置き、磁場の強さを変化させると、磁場の変化を妨げる磁界を発生させる誘起電圧が導体に発生し、これを取り巻くように同心円状の電流が流れる。この電流を誘導渦電流という。

材料の基礎

アルニコ磁石	鉄のほかにAl（アルミニウム）、Ni（ニッケル）、Co（コバルト）などを成分とする永久磁石。磁気特性は希土類磁石とフェライト磁石の中間にあり、温度特性に優れているが、Coの価格が暴騰して以来使用量は激減している。
圧電セラミックス	結晶が特定の方向に圧縮、または伸長されると、結晶の両端面に電圧が生じる圧電効果を持つセラミックス。結晶の両端面に電圧を加えると、結晶が伸縮する電歪効果も併せ持つ。両効果を利用してセンサやアクチュエータに使われている。
希土類磁石	Sm（サマリウム）やNd（ネオジウム）などの希土類元素を含んだ永久磁石。実用化している永久磁石の中では最も強力である。各種特性のバランスがとれたSm-Co（サマリウム・コバルト）系と磁気特性が優れ比較的安価だが温度特性と耐酸化性が弱点のNd-Fe-B（ネオジウム・鉄・ホウ素）系に大別される。
ケイ素鋼鉄	Si（ケイ素）を0.5~5質量%含む特殊鋼鉄。透磁率および電気抵抗が大きいいため、発電機やモータ、変圧器の鉄心などに用いられる。
フェライト磁石	$MO \cdot 6F_2O_3$ [M=Ba（バリウム）またはSr（ストロンチウム）、O=酸素、Fe=鉄]の基本組成を持つ、酸化鉄を主原料にした永久磁石。磁気特性は希土類磁石やアルニコ磁石に準ずるが、安価なため生産量は最も多い。

制御の基礎

インバータ	直流電力を交流電力に変換する装置。誘導モータの可変速駆動に用いるインバータは、商用電源の交流を一度直流に変換し、この直流からPWM（パルス幅変調）制御により任意の周波数、電圧（電流）の交流を作り出す。
ガバナ	直流モータの回転速度を一定に保つ制御装置。機械式と電子式がある。機械式ガバナはロータと一緒に回転するおもりとスイッチで構成されている。ロータの回転速度が高まると遠心力でおもりが外周に動くことによりスイッチが開き、巻き線に流れる電流が0になってロータの回転速度が落ちる。電子式ガバナは回転速度に比例するモータの逆起電力を検出し、これが一定になるようモータの駆動回路を制御する回路である。
サーボ	物体の位置、方位、姿勢などの機械的な量を制御量とし、目標値の任意の変化に追従するよう構成した制御系。
タコゼネレータ	回転速度センサの一種。回転速度に比例した電圧を発生する。高級なサーボモータに用いられていたが、最近ではロータリーエンコーダの出力信号を処理して回転速度を検出する方法に置きかえられつつある。
PWM制御 （パルス幅変調）	モータ駆動回路のパワー素子をオン・オフして振幅が一定の電圧パルスをモータの巻き線に加え、パルスの幅を変えることによって巻き線にかかる実効電圧を制御する方法。従来のアナログ式の駆動回路に比べ、パワー素子で熱として消費される無駄な電力が少ない。
フィードバック制御	制御系の出力を検出し、これを目標値（入力）から差し引いて制御系に加える操作量とし、制御系の出力を目標値通りにする制御。
フィードフォワード制御	外乱など、制御系を取り巻く条件の変化を検出して、その影響が制御系に及ぶ前に、あらかじめこれに対処して行う制御。制御対象の入出力関係や外乱の影響など明確な場合は、良好な制御が行える。
ベクトル制御	誘導モータのトルク発生機構を直流モータになぞらえて駆動する制御法。誘導モータに供給する一次電流を界磁を作る成分（界磁分電流）と、界磁と直交してトルクを発生する成分（トルク分電流）に分離し、両成分を独立に制御する。誘導モータの他の制御法に比べ、格段に優れた特性が得られる。
レゾルバ	誘導モータに似た構造を持つ角度検出器。ステータとロータの両方に、巻き線方向が直交する2相のコイルを組み込んである。ステータとコイルに交流電流を流すとステータとロータの相対角度に応じてロータの2相コイルが出力する交流電圧の位相が変化する。回路技術を利用してこの位相情報をロータの回転角情報に交換する。信号処理回路がやや複雑でコストが高く、検出精度がロータリーエンコーダより劣るが、構造が簡単で耐環境性が高い。



## モータ専門用語

回転磁界	誘導モータや同期モータでは、固定子側の相巻線に与える電流を切り替えることで電磁石間に位相差を持たせ、あたかも電磁石による磁界自体が回転しているような状態を作る。このような状態の磁界を回転磁界という。回転子は回転磁界につられて回転する。
加減速時定数	モータを加速、減速する際に、制御回路がモータに与える速度指令に対する応答性を表す数値のこと。加減速時定数を小さく設定するとモータは短い時間で加減速するが、実際にはロータや負荷の慣性モーメントの影響で、ある限界より小さくしても無意味となる。また、急速に加減速すると振動やオーバーシュートが生じるため、加減速時定数を小さく取れない場合もある。
仮想仕事の原理	ある物体に多くの値からが作用していて且つ物体が平衡状態にあるとき、物体に働いている力の総和は0になる。このときの各々の力が物体を変位させていると想定できる量を仮想変位量という。物体に働く力の総和が0なので、仮想変位量の総和にかかわらず、各力の仮想仕事の和も0になる。すなわち、物体が平衡状態にあるための必要充分条件は、これに作用する仮想仕事の和が0になることである。これを仮想仕事の原理という。
慣性モーメント	回転運動における慣性の大きさを表す量。トルクを $T$ 、慣性モーメントを $I$ 、角速度を $\alpha$ とすると、回転の運動方程式は $T = I \alpha$ で表される。
基本ステップ角度	ステップモータは回転子を歯ピッチだけ回転駆動するため、複数の巻線に流す電流の流し方をいろいろ組み合わせる。一度に一つの巻線に電流を流して駆動することを1相励磁といい、このときの励磁切り替えによって移動するステップ角度を基本ステップ角度という。
逆起電力	電機子が磁界中を回転することによって、界磁による磁束が電機子を直角に横切ることになり、フレミングの右手の法則に従って電源に対抗する極性を持った誘導起電力が電機子回路に生ずる。この誘導起電力を逆起電力という。
極数	モータの界磁に形成されるN極とS極の合計の数。交流モータにおいて極数が2の場合、60Hzで駆動すると3600rpm、4極で1800rpm、8極で900rpmとなる。
クローホール	PM（永久磁石）型ステップモータの中で、板金加工で爪型の歯を形成した固定子をいう。構造と製造方法が簡単なのが特徴。
減磁電流	永久磁石は、電機子反作用磁界によって減磁を受ける。この場合永久磁石の磁力を減少させる方向に作用する電流を減磁電流という。
効率	モータにおける効率とは、モータに入力する電力に対する仕事量の割合のことをいう。通常、モータの効率は40～80%程度である。
コギングトルク	永久磁石界磁のモータにおいて、鉄心の歯によるレラクタンス変化と永久磁石の磁界分布との相関によって発生する正逆のトルクをいう。通常、無通電時にモータの軸を外部より回転させたときゴリゴリ感じるトルクのこと。通電時の取る区歯電流によって発生するトルクにコギングトルクが加わったものとなる。
自起動領域	ステップモータが入力パルスに同期して起動、停止、正逆転できる領域のこと。入力周波数とモータの発生トルクの関係を示すグラフ上で表され、領域の上端の線上のトルク値を引き込みトルクという。モータにかかる負荷の慣性が大きくなると、引き込みトルク線が下に下がり、自起動領域が狭くなる。
ジッタ	磁気記録、再生装置において、テープの走行速度にムラがあると音ではワウ・フラッタの現象となり、VTRでは周期が短くて振幅が小さな変動を再生波形に生じる。この現象をジッタという。モータでは、回転時のエンコーダ出力パルスの“ふらつき”を指すこともある。
出力	モータの出力とは出力軸から得られる単位時間あたりの仕事である。モータのトルクを $T$ （ $N \cdot m$ ）、回転速度を $\omega$ （ $rad/s$ ）とすると、出力は $T \omega$ （ $W$ ）となる。しかし、昔はモータ出力の単位を馬力（特に仏馬力）で表していた。
進行波	受信端からの反射波が発生しない入射波のみの波動のことで、一方向に進行する波の形となる。超音波モータに利用され、この超音波モータを進行波型超音波モータという。



垂下特性	モータにおいて負荷トルクが増加するに伴い、回転数が低下する特性。垂下特性を持たないモータは回転が不安定になりやすい。
スルー領域	ステップモータの高速領域のこと。自起動領域のようにモータを瞬時に起動、停止、正逆転できない。スルー領域で駆動するには自起動領域内で駆動した後、徐々にパルス数を上げる必要がある。停止のときにも徐々にパルス数を下げて、自起動領域内に落としてから停止させる。
セトリングタイム (整定時間)	ステップモータで最終の1ステップ応答を測定し、パルス信号を印加してから、回転子の振動が減衰し、ステップ角度の±5%に到達するまでの時間をいう。
相数	モータにおいて時間的に異なる電流を流す巻線群の数を相数という。ステップモータでは2～5相ある。励磁方式として常に1相だけに電流を流す1相励磁、1相と2相を交互に流す1-2相励磁などがある。
脱出トルク	同期モータを定格電流で一定の周波数に設定して運転させた後、徐々に負荷トルクを増加したときにモータは最後に脱調するその瞬間の負荷トルクをその周波数の脱出トルクという。
脱調	同期型のモータが負荷の漸増または急激な変化などにより、同期速度から外れて回転できなくなることを。
定格	指定された使用条件（連続・単時間・反復作用など）での機器の保証された使用限度をいう。この使用限度は通常の機器では出力で表す（定格出力）。さらに定格出力を発生し得る回転速度（定格速度）、トルク（定格トルク）、電圧（定格電圧）、周波数（定格周波数）などを指定する。
定在波	入射波と受信端からの反射波が合成され、見かけ上進行しない波動のこと。超音波モータに利用され、この超音波モータを定在波超音波モータという。
鉄損	電池や交流電源から供給した電力が鉄心の中で電磁的な性質のために消費されて熱になる成分。コアの材質の差、積層の有無などによって大幅に異なる。また、回転数によっても値が異なる。
転流	モータ内にある複数の巻線（コイル）間で流す巻き線が次々に切り替わることを。ブラシ付きモータではブラシで転流を行い、ブラシレスモータではパワートランジスタで行う。
トルク	回転力。軸を中心に考えた力のモーメント。トルク－回転速度曲線はモータの特性を表す代表的なもの。
トルク定数	DCモータが発生するトルク $T$ は電機子に流れる電流 $i$ と比例関係にある。この比例定数のことをトルク定数という。トルク定数が大きいモータのほうが同じ電流を流したとき、大きなトルクを発生できる。単位は $N \cdot m / A$ である。
トルクリップル	モータに所定の方法で電流を流して回転させたときに発生するトルク変動成分。これは界磁分布、空隙、鉄心溝、巻線分布、巻線電流などの不均一や不整によって発生する。
二相交流	互いに位相が $90^\circ$ 異なっている交流。二つの交流の一方が常に $90^\circ$ 早く最大値、または零点に達する。コンデンサを使って二相交流に近い交流を作ることができる。二相交流サーボモータは、空間的に $90^\circ$ ずれて配置したコイルに二相交流を流して駆動している。商用電源では一般に使われていない。
パルスレート	ステップモータの回転速度を表すのに、回転数自身よりも入力パルスの周波数で表すことが多い。ステップモータを駆動するための入力信号を、単位時間あたりのパルス数で表したものをパルスレート（パルス周波数）という。単位として $pps$ （パルス／秒）を用いる。
パワーレート	パワーを $P_R$ 、加速時間を $t'_R$ とすると、パワーレート $Q_R$ は、 $Q_R = P_R / t'_R$ で表す。頻繁な加減速を行うサーボモータの性能を評価する指標に用いられる。
ホールディングトルク	ステップモータを定格電流で励磁し、ロータ軸を外部から回そうとしたとき、この力に対抗して発生するトルクの最大値をいう。最大静止トルク、最大ホールディングトルク、拘束トルク、保持トルクなどということもある。

## モータ用語

版数：00

マイクロステップ方式	ステップモータは1回のパルス信号を受け取るたびに極磁の歯のピッチによって決まる基本ステップ角だけ回転する。微小な送りを行うには歯のピッチを小さくすれば良いが、加工技術の問題で難しい。そこで、電気的な処理により基本ステップ角より小さな回転角を得る方法が考案された。隣り合う磁極に流す電流値を調整すると合成磁界の方向を任意に設定できる。モータはこの合成磁界の指す方向で停止する。従って、隣り合う磁極に流す電流値の差を段階的に切り替えると、基本ステップ角より小さなステップ角を得ることができる。このように、各磁極に流す電流を調整して微小ステップ各で回転させる方式をマイクロステップ方式という。マイクロステップ方式には電流値の調整の仕方によって1-2相励磁方式やダブル1-2相励磁方式などがある。
摩擦係数	物体の滑りやすさ、転がりやすさなど摩擦に対する性質を表す量。平面に接しており、平面に対して垂直な力Nで押し付けられる移動体が、平面に平行な外力Fによって移動するとき、 $\mu = F/N$ を摩擦係数という。すべり摩擦の場合、摩擦係数は平面と移動体の接触面積、移動速度に無関係という経験則（クーロンの法則）がある。
ラッシュ電流	スイッチが入った瞬間に流れる電流のこと。突入電流ともいう。モータの場合、定格電流に比べ5～10倍の大きな電流値になる。
ワウ・フラッタ	録音または再生動作でテープなどの速度変動に起因して生じる再生周波数の変動の呼び名。転じてモータの回転ムラの評価指標にも用いられる。0.5～6Hzの周期の長い変動をワウ（Wow）、6～250Hzの周期の短い変動をフラッタ（Flutter）という。

