

# モータの振動騒音

## 1. はじめに

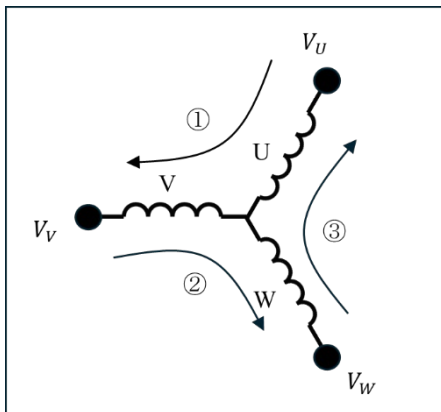
モータの振動騒音問題は、モータが使われる限り存在すると考えられる。オーディオ製品、建築機械、自動車の部品等、幅広い分野でモータの振動騒音問題は存在していたが、EV車の台頭により、日本の製造業の基幹製品である、自動車のメインの動力にモータが使われる事となり、モータの振動騒音の重要さは以前より増している様に見受けられる。

自動車業界では、ICE車がこれまでの主流であったため、振動騒音の加振源の一つとしてのモータに対する対策は、十分に練られているとは言い難い。また、EV車、ハイブリッド車用のモータは、自動車業界のTier1の会社からOEMに供給される事が多く、Tier1とOEMが別会社であるが故の情報伝達不足に起因する振動騒音問題も伝え聞く。更に、EVの普及を見越した、Tier1に新規参入したメーカーも多くあり、その経験不足が振動騒音だけではない問題の発生に寄与する事となっている。

ここでは、DCモータの振動騒音の要因を検討し、対策について考察する。

## 2. DCモータの振動騒音の原因

### 2.1 電磁振動



DCモータでは、三相交流を使う三相モータが多用されている。三相交流方式は、電流を回転運動に効率良く、ムラを出来るだけ少なく、変換出来る方式の様で、DCモータには長くこの方式が採用されている。出来るだけ一様なトルクをさせるため、回転角により通電相を図.1の様に通電相を切り替える事となる。電流が、図.1中の①、②、③、①.....と切り替わる際、電気部品、機械部品のバラツキにより生ずるトルクリップル、通電相が切り替わる際に生ずる電氣的なノイズ、コア付きモータであればコギングに

図.1 コイル通電イメージ

より、周期的な振動騒音が発生する。本稿では、この電磁振動に対する対処法について述べる事とする。

### 2.2 その他

軸受け起因、ロータのアンバランス等他にも振動騒音の要因は存在するが、ここでは詳述しない。

## 3. 電磁振動発生メカニズム

基本的には、電磁加振力の周波数と、共振周波数が一致する構造の部位において発生する。

### 3.1 構造の共振周波数

モータの動力に伴って生ずる加振力は、当然の事ながら、モータの筐体のみならずシステムの構造も加振する。よって、構造の共振周波数を知るには、モータとシステムの実物があれば、そ

れらに対して実験モード解析等により、計測を行えば良い。実物が無い場合でも、全ての図面があれば、有限要素法解析等により、共振周波数を予測する事は可能である。

### 3・2 電磁加振力

電磁加振力の厳密な測定は、簡単ではない、と考えられる。電磁加振力が加わる位置、自由度を特定するのは不可能と考えられる。DC モータのトルクの時間変化を測定し、それをフーリエ変換した結果を電磁加振力の周波数とするのが、現実的である様に考えられる。

厳密な、磁気により加わる力の予測は、電磁界解析で可能であるが、条件の設定値により力の分布が大きく左右するので、精度良い結果を得るには、それなりのノウハウの蓄積が必要と考えられる。

現実的な加振力の予測は、DC モータの駆動方式による、簡易な予測方法が現実的であると考えられる。DC モータの駆動方式には、大別してPWM 制御と電圧制御があり、それぞれに対して、電磁加振力の簡易な予測方法を記す事とする。

#### 3・2・1 PWM 制御

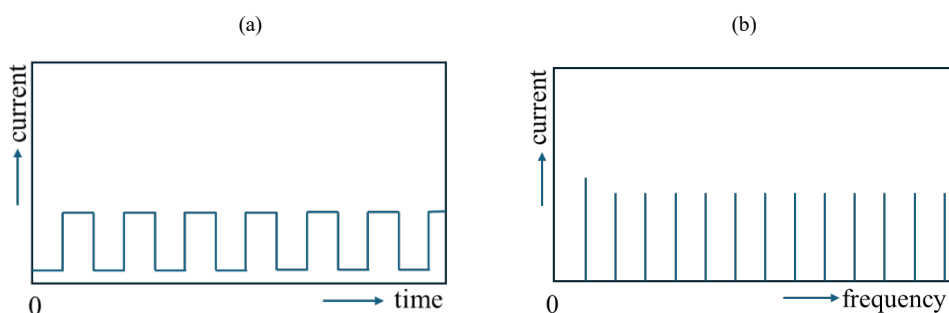


図.2 PWM 制御時の各相の電流波形イメージ

PWM 制御の場合、各相に対する制御は ON・OFF となるため、各相に流れる駆動電流は矩形波に似た特性(図.2(a))となり、それをフーリエ変換すると、広い周波数範囲に分布する事となる。

#### 3・2・2 電圧制御

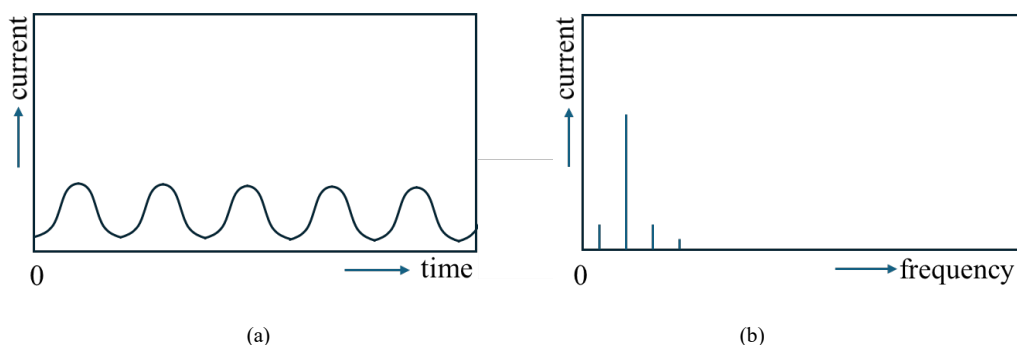


図.3 PWM 制御時の各相の電流波形イメージ

電圧制御の場合、モータに印加する電圧自体を変化させるので、図.3 の様な波形となる。

電相を切り替える周波数が基本波となり，その高調波が発生する事になる．高調波の発生の程度は，コイル，コアの形状、そして永久磁石の磁束の分布状況により異なるが，基本的には基本波の成分が最も大きくなると考えられる．

#### 4. 対策の方法

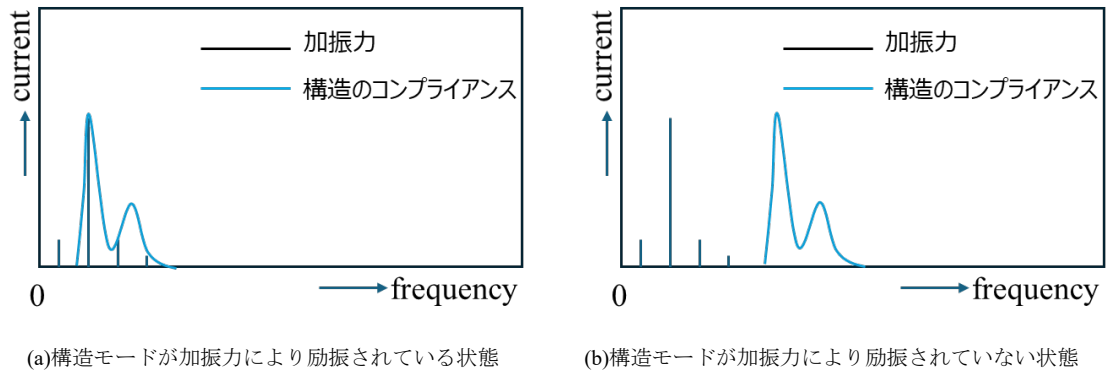


図.4 加振力と構造のコンプライアンス

基本的には，加振力の周波数と，構造の共振周波数を離隔する事が対策となる．

図.4(a)の状態では，加振力成分が，構造モードを励振し，振動騒音は相対的に大きくなる．それに対し，図.4(b)の状態では，加振力成分は構造モードを励振しておらず，振動騒音は(a)の状態よりはるかに小さい，と考えられる．ここに示す様な共振周波数の変更は，振動が伝達する可能性がある部位の図面情報を入手可能であれば，近年の CAE 技術等を駆使用する事により，可能であると考えられる．基本となる考え方は，下の 2 式である．

$$\omega_{n0} = \sqrt{k/m} \tag{1}$$

$$\omega_n = \omega_{n0}\sqrt{1 - 2\zeta^2} \tag{2}$$

但し， $\omega_{n0}$ :無減衰共振周波数， $k$ :モード等価剛性， $m$ :モード等価質量， $\omega_n$ :共振周波数， $\zeta$ :モード等価減衰比．また，モード等価剛性，モード等価質量，モード等価減衰比とは，一つのモード特性に寄与する剛性，質量，減衰比である．可変なパラメータを増減し，共振周波数を意図的に配置する．

しかし，対策者が Tier1 のモーターメーカー等に在籍していて，モーター以外の図面情報の入手が不可能な場合は，モーター以外の振動特性は不明であり，勿論最新の CAE 技術を駆使しても対処は不可能である，と考えられる．この場合の対処方法については，別の機会に述べる事とする．

また，加振周波数が広い周波数範囲に渡って存在していて，構造の共振周波数の離隔が難しい場合は，振動が大きい箇所において減衰を付加する事が効果的と考えられる．

---

読者アンケートへのご回答をいただけますと幸いです。

<https://forms.office.com/r/FJfqBbcWJ1>