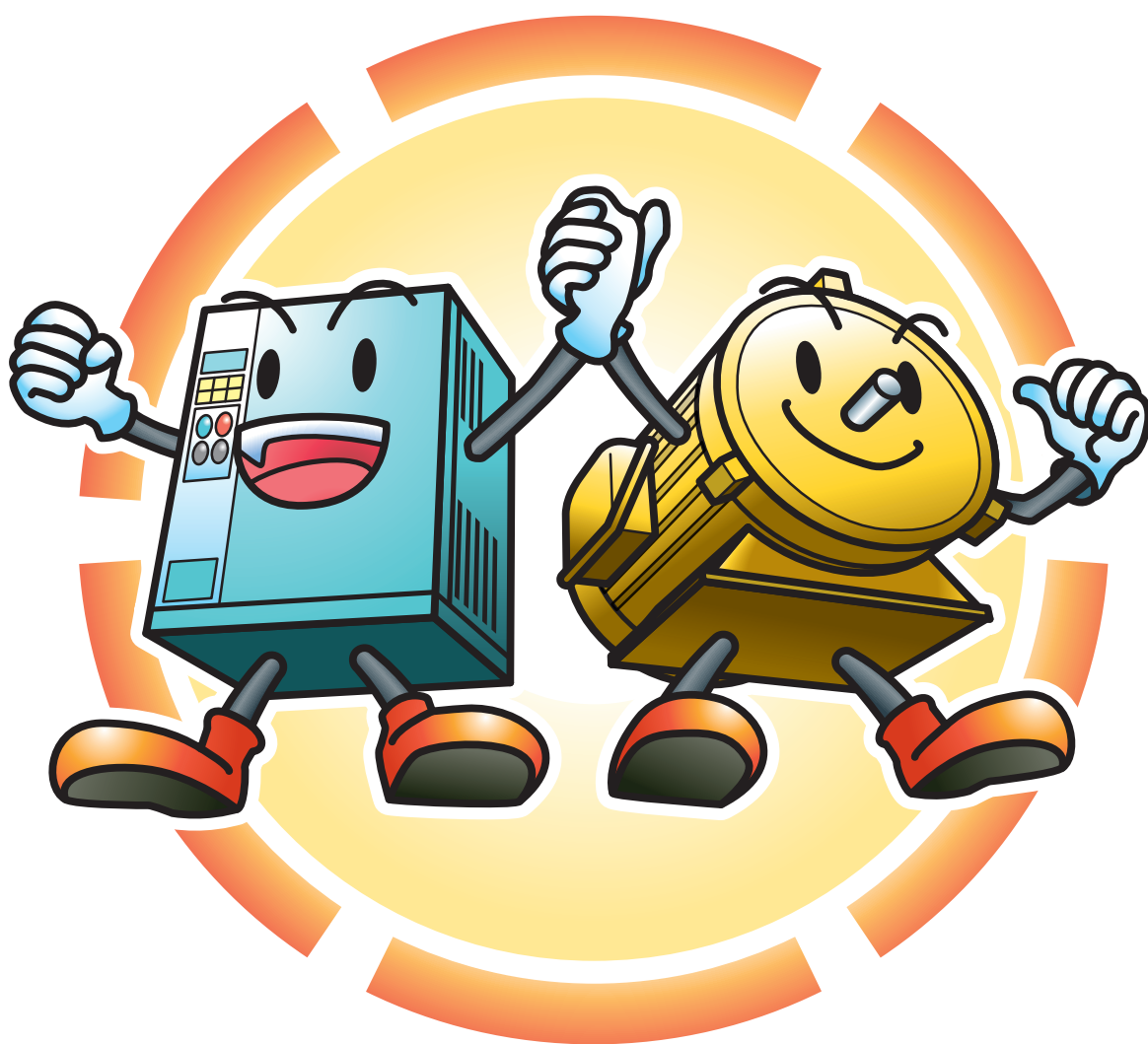


知っておきたい



# PMモータ



人と社会と技術の調和

一般社団法人日本電機工業会

The Japan Electrical Manufacturers' Association

## はじめに

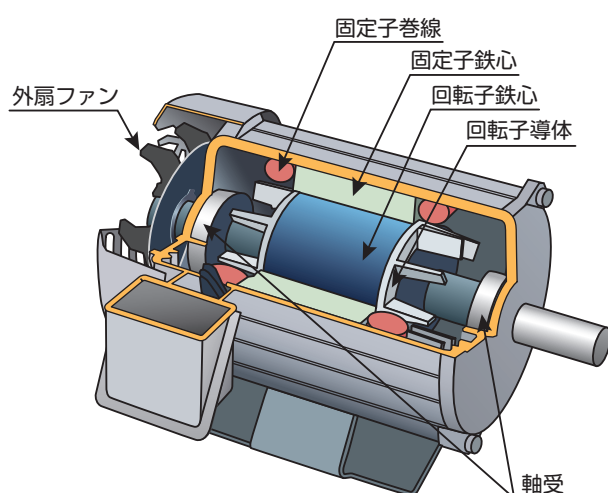
昨今の国際的な地球温暖化防止の動きを背景に、CO<sub>2</sub>排出の抑制が求められており、総消費電力量の40～50%を占めるといわれるモータを取り巻く環境も大きく変化しています。

誘導電動機（誘導モータ）の効率はIE1（標準）、IE2（高効率）、IE3（プレミアム効率）、IE4（スーパープレミアム効率）に分類され、米国では既に2010年12月からIE3、EU27か国では2011年6月からIE2の法制化が実施されています。日本でも2015年度からトップランナー基準（IE3相当）の法制化が開始されます。

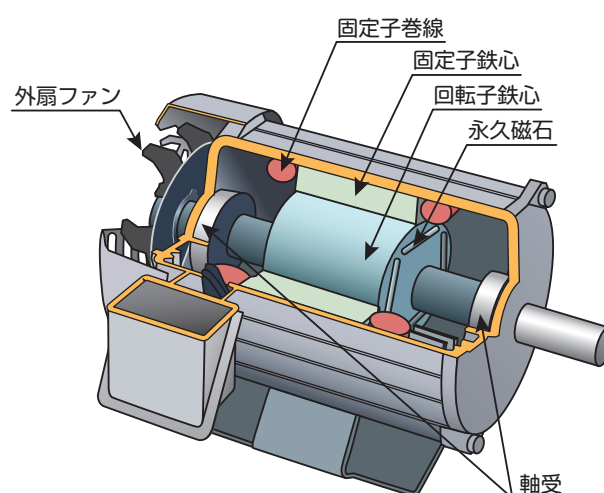
本パンフレットでは、従来の誘導モータに比べ、損失の低減を図ることができ、より高効率で省エネが可能な永久磁石形同期電動機（PMモータ）について紹介します。

## PMモータの構造

PMモータでは回転子に永久磁石が使用されています。



かご形誘導モータ



PMモータ

### 【豆知識】

#### PMモータの分類 ～SPMモータとIPMモータ～

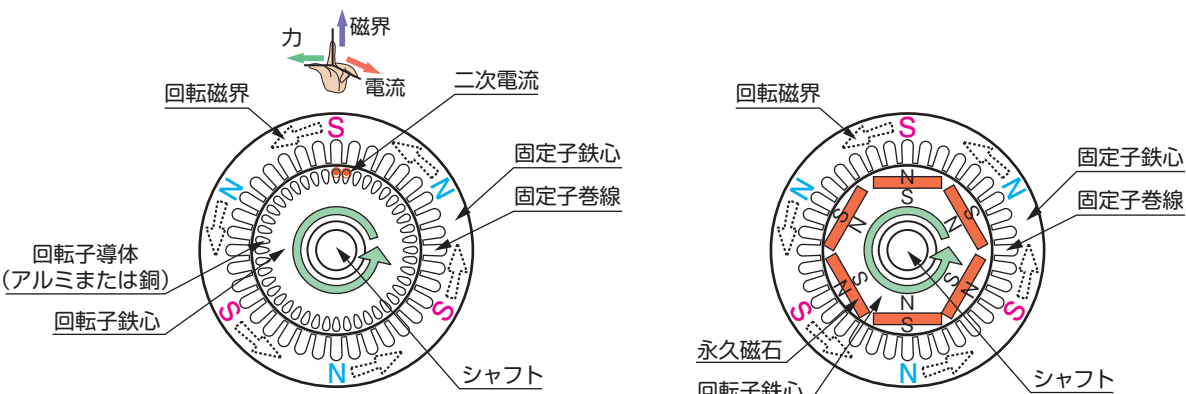
PMモータは、回転子構造から分類して2種類あります。1つは、永久磁石を回転子の表面に貼り付けたSPMモータ（Surface Permanent Magnet）であり、もう1つは、永久磁石を回転子の内部に埋め込んだIPMモータ（Interior Permanent Magnet）です。

SPMモータは、動作原理のところで述べた回転磁界と永久磁石の磁界とが吸引反発する磁石トルクを利用します。一方、IPMモータは、磁石トルクに加えてリラクタンストルク<sup>1)</sup>も利用できます。

注1) 永久磁石を埋め込むことで生じる磁気抵抗の違いから発生するトルク

# PM モータの動作原理

|      | かご形誘導モータ                                                                                                                                                                                                                               | PMモータ                                                                                                                                                      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 動作原理 | <ol style="list-style-type: none"> <li>① 固定子巻線に交流電圧を与えると、固定子内に回転磁界が発生します。</li> <li>② 回転磁界と回転子導体が鎖交すると（すべりがあると）、回転子導体に二次電流が発生します。</li> <li>③ 二次電流と回転磁界の相互作用（フレミング左手の法則）により、回転子にトルクが発生して回転します。<br/>（回転磁界よりもすべりの分だけ遅い速度で回転します）</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>① 固定子巻線に交流電圧を与えると、固定子内に回転磁界が発生します。</li> <li>② 回転磁界の動きに永久磁石が吸い寄せられるように、回転子も回転磁界と同じ速度で回転します。<br/>（同期回転します）</li> </ol> |
| 運転方法 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 商用電源（50/60Hz）に接続して駆動することが可能です。</li> <li>・ インバータを用いて、可変速駆動することも可能です。</li> </ul>                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交流電圧の周波数・大きさ、電流の制御が必要となるため、専用のインバータが必要です。</li> <li>・ 商用電源（50/60Hz）に接続しての直入れ駆動、スターデルタ始動などはできません。</li> </ul>        |

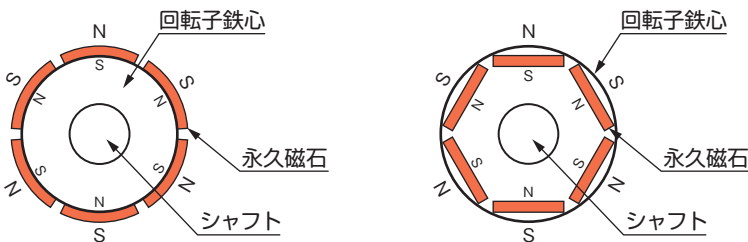


かご形誘導モータ

PMモータ

※ 6 極モータの例

かご形誘導モータとPMモータの断面図



SPMモータ

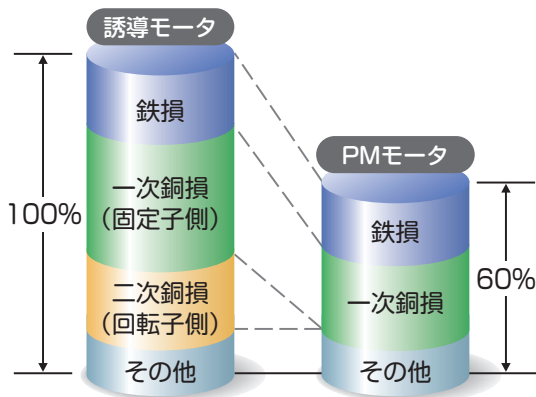
IPMモータ

※ 6 極モータの例

# PM モータの特徴

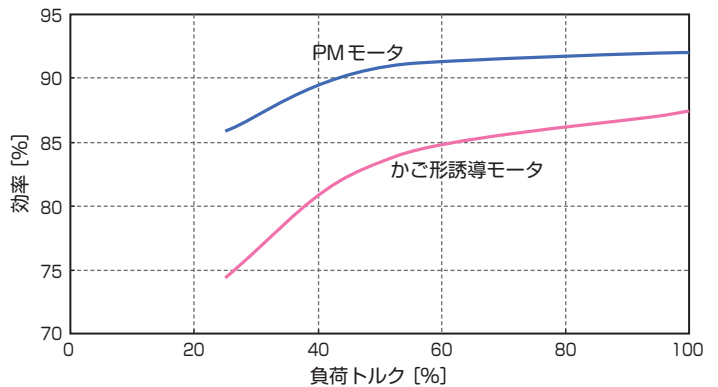
## 省エネルギー，高効率化

◆PMモータは、二次銅損（回転子の銅損）がないため省エネルギー・高効率化が可能です。  
また回転子の発熱が少ないので軸受温度が低く、軸受グリース寿命が向上します。



【モータ発生損失比較例】

◆PMモータは、負荷トルクが小さくても、高効率を維持し続けます。

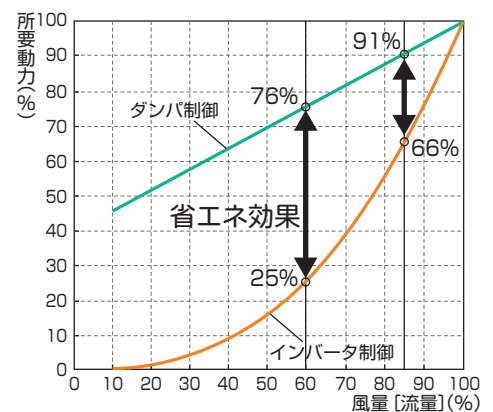
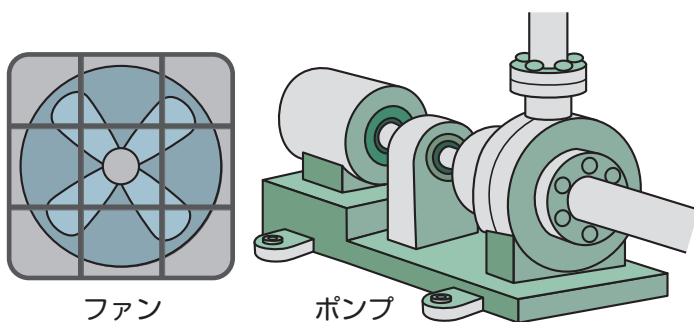


効率比較の一例（インバータを含む）

### 適用例：ファン・ポンプ

◆ファン・ポンプをダンパ（バルブ）制御またはインバータ制御で運転する場合、風量（流量）と所要動力の関係は右下のグラフのようになっています。

商用電源駆動+ダンパ（バルブ）制御している設備にインバータを導入した上に、さらにPMモータを導入したときの省エネ計算の一例を下表に示します。



風量（流量）と所要動力の関係

7.5kWのPMモータ1台を使っているファン設備での省エネ効果計算例（年間）

| 運転方法                  | 所要電力量<br>[kWh]                                                        | 削減電力量<br>[kWh] | 削減電力料金<br>[万円] | CO <sub>2</sub> 削減量<br>[t] |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------------------|
| 誘導モータ（IE1）+商用電源+ダンパ制御 | $(7.5\text{kW} \times 0.91 / 0.875 \times 8,760 \text{時間})$<br>68,328 | —              | —              | —                          |
| 誘導モータ（IE1）+インバータ制御    | $(7.5\text{kW} \times 0.66 / 0.798 \times 8,760 \text{時間})$<br>54,338 | 13,990         | 22.4           | 7.1                        |
| PMモータ+インバータ制御         | $(7.5\text{kW} \times 0.66 / 0.881 \times 8,760 \text{時間})$<br>49,219 | 19,109         | 30.6           | 9.7                        |

計算条件

風量：85[%]，運転時間：8,760[時間]，電力料金：16[円/kWh]，インバータ効率95[%]，CO<sub>2</sub>換算値：0.51[kgCO<sub>2</sub>/kWh]

※上記計算条件はJEMA発行「伸び行くインバータ」による

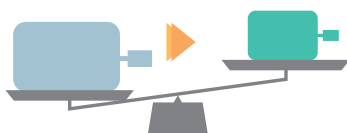
※インバータ駆動時の誘導モータの効率値はJEM-TR169に従い算出

## 小形化，軽量化

PMモータは，誘導モータより損失を小さくできるため小形・軽量化が可能です。誘導モータとの互換性を考慮し同一枠番として，より高効率化したものもあります。

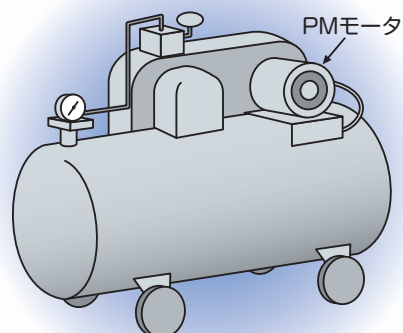
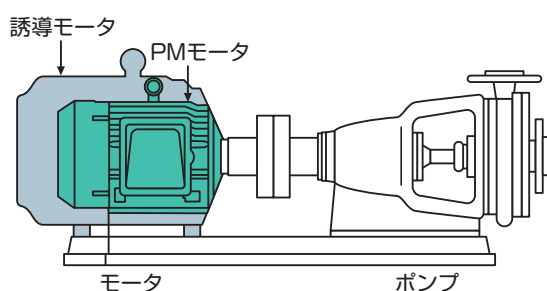
体積比：2/3

質量比：1/2



【小形・軽量化の例】

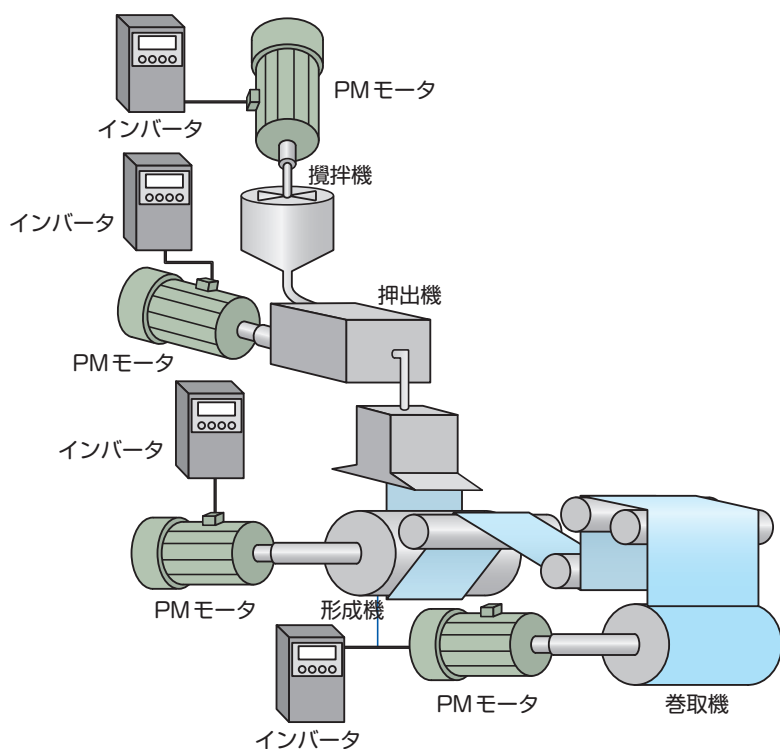
(ポンプと組み合わせた場合)



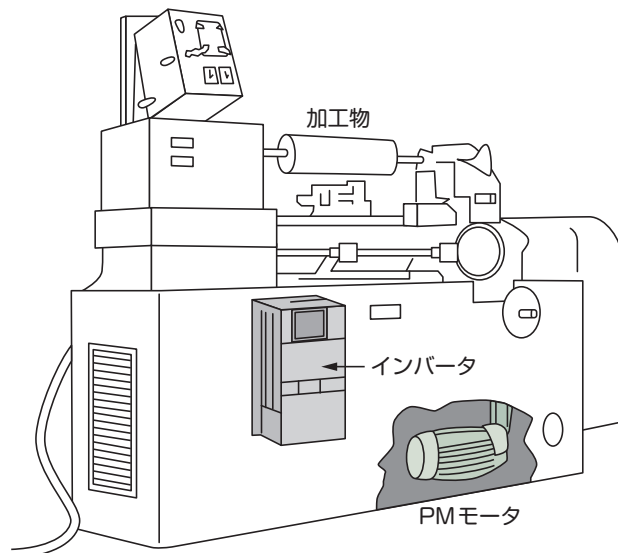
適用例：コンプレッサ

## 速度制御精度の向上

PMモータは，負荷の大きさに応じて回転速度が変化しないため，速度制御精度に優れており，製造ラインや工作機械等にも適用されています。



適用例：製造ライン



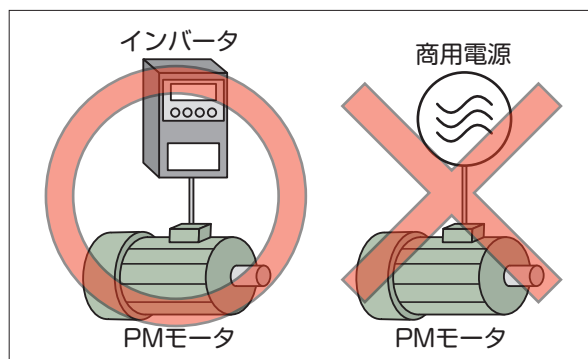
適用例：工作機械

## 選定に当たっての注意事項

### 商用電源駆動ができない

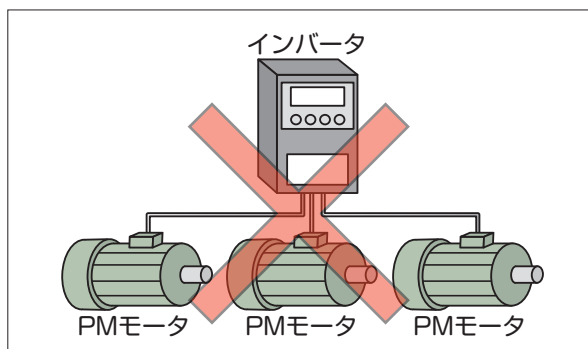
PMモータは商用電源（50/60Hz）を直接接続し運転することはできません。PMモータ運転用のインバータで駆動してください。

特に重要設備では、故障に備えインバータの予備機を用意することを推奨します。



### 複数台制御ができない

PMモータは回転子の位置に基づいて制御を行う必要があるため、1台のインバータで複数のPMモータを運転することはできません。

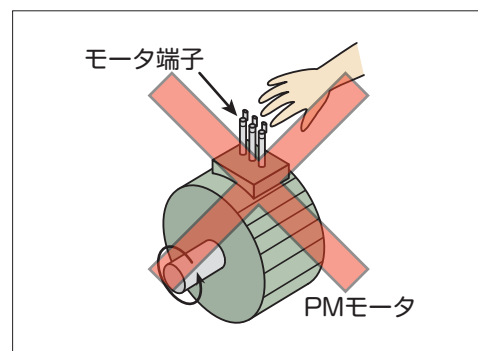


### 異なる製造業者の組み合わせ

異なる製造業者のPMモータとインバータとを組み合わせた場合には、インバータやモータが故障したり、機械によっては逆回転するなど予期しない動きをする場合があります。よって、異なる製造業者を組み合わせる際には、各製造業者にお問い合わせ頂くと共に、十分検討してご使用ください。

### 発電効果

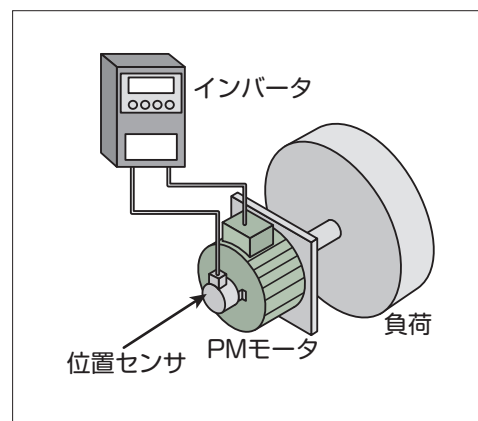
PMモータの回転子を外部から機械的に回した場合、永久磁石の磁界によって、モータ端子間に誘起電圧が発生します。そのため、感電の恐れや電源遮断時の回転速度によっては、インバータが破損することがあります。



### 位置センサ

PMモータには、回転子の位置を正確に検出するための位置センサ付タイプと、付いていないタイプ（センサレス）があります。

センサレスはセンサ信号の省配線とその使いやすさから主にファン、ポンプなどで使用されています。高慣性・高始動トルク負荷で使用すると、同期回転速度を保てず、起動失敗などの異常（脱調）が発生する場合があります。また、システムによっては、起動時の位置検出のため逆回転する場合がありますので、逆回転することで破損や安全上問題がある機械で使用するには、製造業者に問合せください。



## ケーブルの長さ

PMモータとインバータとの間のケーブルが長くなると、インバータサージの増大やセンサ信号の減衰などによって正常な運転ができない可能性があります。

## 使用開始に当たっての注意事項

### 使用開始時のセットアップ

使用開始前にPMモータとインバータが指定の組合せになっているかを確認してください。また、インバータの各パラメータの確認、入力、調整が必要になります。組合せが間違っていたり、調整せずに使用したりした場合、インバータやモータが故障したり、機械によっては逆回転するなど予期しない動きをする場合があります。

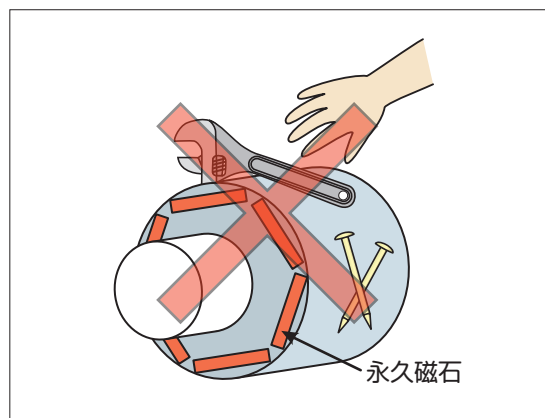
### 設定速度（周波数）の調整

PMモータは、すべりがなく設定速度で回転します。誘導モータからPMモータに置き換える場合は、すべりがなくなる分だけ動力超過になりますので、設定速度（周波数）の調整が必要になることがあります。

## 保守及び廃棄に当たっての注意事項

### メンテナンス（修理）

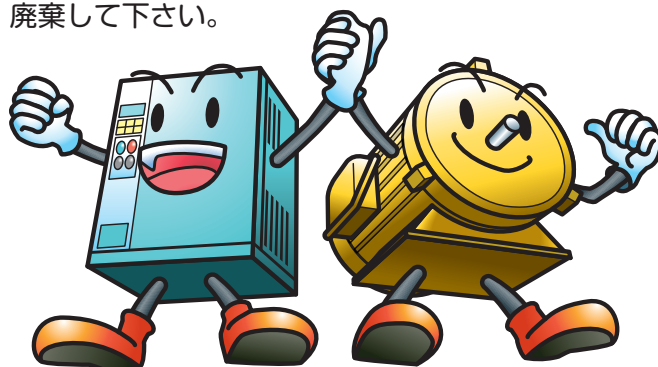
PMモータは内部に永久磁石を持っており、取り扱いに注意が必要です。メンテナンスは購入した製造業者に問合せください。永久磁石の磁力は強力なため、分解すると手を挟んだり、周囲の金属片・粉などの異物を吸着することもあります。特にペースメーカーなどの電子医療機器を装着した人に重篤な危険を及ぼす恐れがあります。



### 廃棄

日本国内において、PMモータを廃棄する場合は、資源有効利用促進法及び廃棄物処理清掃法に沿って、再生資源化、廃棄物の減量に配慮して下さい。

また、日本国外においては、現地の法律に従い、廃棄して下さい。



## 【資料のダウンロード方法】

- ① JEMAのWEBサイト (<http://www.jema-net.or.jp/>) にアクセスします。
- ② 「オンラインストア 規格、出版物、パンフレットはこちら」のボタンを押します。
- ③ 「パンフレット(無償)はこちら」のボタンを押します。
- ④ 「パンフレット(無償)」のボタンを押します。
- ⑤ 「PDF」のボタンを押せば、入手できます。



### 電動機業務専門委員会 (五十音順)

東芝産業機器システム株式会社 パナソニック株式会社 株式会社日立産機システム  
富士電機株式会社 三菱電機株式会社 株式会社明電舎 株式会社安川電機

### 永久磁石同期電動機分科会 (五十音順)

東芝産業機器システム株式会社 東洋電機製造株式会社 株式会社日立産機システム  
富士電機株式会社 三菱電機株式会社 株式会社明電舎 株式会社安川電機

一般社団法人 日本電機工業会では電動機の技術の向上、標準化、市場の動向への対応をはかる目的で技術・業務両面にわたって委員会を設置し、産業界に貢献すべく活動をおこなっています。



〒102-0082 東京都千代田区一番町17番地4 TEL (03) 3556-5885  
URL <http://www.jema-net.or.jp>

このパンフレットを含め、IEC、ISO、JISを除く各種関係資料が「オンラインストア」のページより、ダウンロードができます。