



## サーボモータの構成

多くの製品から、お客様のアプリケーションに合わせ、  
最適なサーボモータソリューションを提案します

**KOLLMORGEN**<sup>®</sup>

サーボモータを探しているお客様へ際限なく製品の分厚いカタログを送る時代ではありません。最近では、オンライン上で仕様や性能、環境など必要となるスペックを入力するだけで、だれでも簡単にモータが選択できる時代です。

分厚いモータカタログから一つの最適なモータを探すことはとても大変な作業になります。ブラシ付きモータ、ステッピングモータ、ブラシレスACサーボモータなど、さまざまなモータが半導体製造、航空宇宙機器、電子機器組立機械、包装梱包機器、医療機器、ロボット装置などの産業機器に幅広く利用され、それぞれのアプリケーションがそれぞれの機械の性質に合った異なる種類のモータを必要とします。

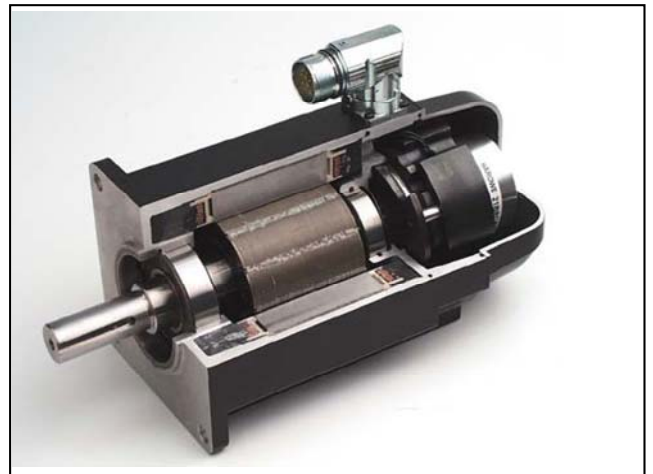
モータメーカーは、製品のカタログにトルク、速度、電圧定格などモータの性能を示す仕様を掲載しています。お客様は、この仕様から、自身の機械におけるモータの慣性や負荷の加速度、モーションプロファイルなどの動作環境に基づいて選択します。KollmorgenのMOTIONEERING®アプリケーションエンジンなどのモータサイジングソフトウェアには、フィードバックデバイス、マウント構成、動作環境などに関するさまざまな情報を入力する項目があり、該当するモータが即座に表示され、モータを選択する作業を簡単に行うことができます。

## トルク密度と電圧

最近では、工場の設備や機械の小型化が進み、モータもその需要に合わせて小型化が必要になって来ています。Kollmorgenは、トルク密度を高めると同時にモータ温度を100°C以下に保つことを可能とした、小型で高性能なAKM™モータを市場に供給しています。モータ小型化するとシステムの応答性に役立つ質量と慣性が小さくできます。また、トルク密度とは、モータの体積（重量または面積）当たりの出力トルクのことです。一般的に、同じサイズのモータの場合、高電圧のモータほどトルクが小さくなり、トルク密度は低くなります。これは、高電圧のモータ場合、厚い絶縁が必要とされるために十分な磁束密度が得られないためです。低電圧のモータは、速度とトルクを発生させるために必要な電圧と電流が少なくて済みます。しかし、出力特性だけでモータを選ぶと、複数の電圧が必要となり、結果、機械設計を複雑なものにしてしまいます。

Kollmorgenは、新たに230 Vacサイズクラス(NEMA 23, 60mm角 AKM2x)のモータで、480 Vacで動作するモータを開発。さらに、230 Vac以上で動作するフレームサイズサイズ(NEMA 23, 60mm角 AKM2x)以上のAKM™サーボモータには480 Vacサイズと同等のクラスF絶縁を採用しました。その結果、230 Vac、480 Vacサイズモータが混在するマシンなどにおいても低電圧モータと同じ物理的サイズのモータが選択可能となり、それぞれのモータを動作させる電源電圧を統一することもできます。

この技術は、従来のモータ製造工程で使われている巻線方式から独自の層方式に改めることにより実現しています。積層されたスロットに多くの銅を充填し、実質的にトルク密度を増加させる技術です。この技術により、所定の定格電力に対して小型のモータを設計、または、所定のパッケージサイズで高い電力のモータを設計することが可能になりました。



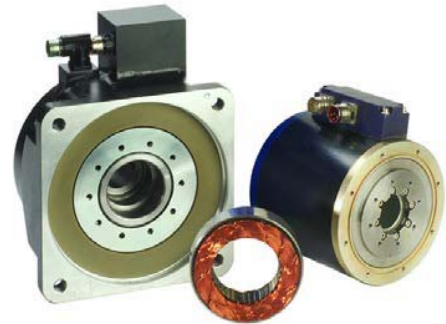
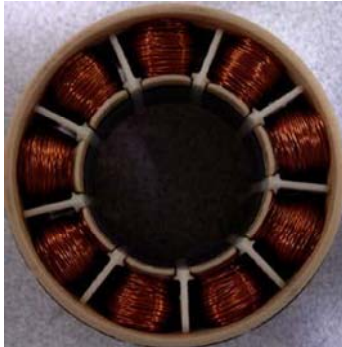
図は、AKM™サーボモータのカットモデルです。全体的にコンパクトサイズで、体積比で高いトルク密度を実現したステータとロータ、ベアリング、ブレーキ、エンコーダがご覧いただけます。AKM™サーボモータは、すべてのバージョンでほぼ同一形状とし、製造コストを抑え、高い品質を維持しています。



## サーボモータの構成

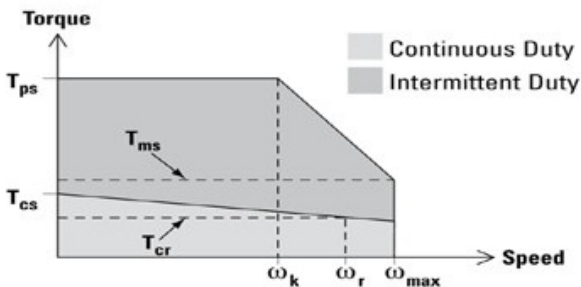
一般的なモータの故障の原因の1つに過電圧や過熱などによる絶縁破壊があります。現在では、この問題を防ぐために高い熱伝導率のポッティング材が開発され、AKM™サーボモータの高密度ステータ全体を覆うように使用されています。熱伝導効率を高め、モータ内部に溜まった熱を素早く大気中に逃がし、熱抵抗を下げることにより、小型のモータでも多くの電力を扱えるようになります。

AKM™サーボモータのステータは、低コスト設計で最大トルクを実現するためにレアアースマグネットの鉄心に巻かれたコイルから出来ており、各相はコイルとコイルの短絡を防止する480 VacクラスF絶縁体で絶縁されています。



Kollmorgenのダイレクトドライブロータリ(DDR)サーボモータは、システム側の軸に直接取り付けすることでギアボックスなどの減速機や接続部品が不要となり、負荷に対して直接高いトルクを与えることができます。シリーズには、カートリッジ型のC(H)シリーズ、ハウジングが付いた収納型のD(H)シリーズ、KBM™フレームレスモデルなど、さまざまなモデルが用意されています。また、Kollmorgenは、ダイレクトドライブ技術を応用した、アイアンコア(鉄心)を採用したICシリーズとコアレスのILシリーズを提供しています。

## AKM™システムの概要



グラフは、ブラシレスモータとドライブサーボシステムのトルク対動作速度の性能特性を示しています。2つの影の付いた領域は、それぞれシステムの連続運転時(薄いグレー)と断続運転時(濃いグレー)の性能を示しています。



ダイレクトドライブリニア(DDL)モータは、基本的にロータリモータを水平方向に展開した形状で、負荷となるスライダを直接駆動します。ボールねじなどの機械的な結合部品が無く、デザイン性に優れ、高剛性で、応答性が良い特長があります。



## モータのシール

ブラシレスモータは、カーボンダストを発生させるブラシが無いことから、ブラシモータに比べモータ内部を清潔に保つことができます。モータのシールは、モータ内部に侵入しようとする粉じんや液体などからモータを保護する役目があります。半導体製造などのクリーンルーム環境では、逆にモータから放出される可能性のある粉じんなどからクリーンルームの環境を保護することになります。また、モータが液体にさらされる環境にある場合は、液体の種類や腐食性に合わせ劣化しない適切なシール材を使用します。例えば、食品業界向けのモータには、FDAとUSDA、または、各国の基準を満たしたシール材を使用していなければなりません。一般的な環境下で使われるモータのシールはあまり重要ではなく、この場合、KollmorgenのVLMシリーズのような低価格のモータが経済的と言えます。

## ダイレクトドライブモータ

Kollmorgenによって開発されたダイレクトドライブロータリ(DDR)サーボモータは、速度よりもトルクと精度を重視した装置に最適な、従来型のサーボモータに代わるモータです。このモータは、従来型システムに比べて、ギアボックスなどの接続部品が不要でメンテナンス性がよく高精度、スムーズで静かな動作環境を実現します。

Kollmorgenは、リニアアクチュエータやラック & ピニオンのようなギアボックスを必要としないDDRモデルと同じ利点を持つリニアモーションアプリケーション用のダイレクトドライブリニアサーボモータも提供しています。

## サーボモータの構成

Kollmorgenは、食品業界用に洗浄できるモータなど、特別な環境に対応するモータやさまざまなオプションを揃え提供しています。例えば、洗浄できるモータの分野では、AKMウォッシュダウンフードグレードシリーズ、ステンレススチールAKMHシリーズがあります。



Kollmorgen AKMウォッシュダウンフードグレードシリーズのモータは、5種類のフレームサイズからお選び頂けます。この革新的なモータは、業界をリードする性能を誇るAKMモータを2層コーティングとIP67準拠のシールにより水などの液体から保護する専用ハウジング内に組み込んでいます。



Wシリーズは、洗浄を必要とする環境での使用を前提にIP69Kに準拠したシールテクノロジーとステンレススチールハウジングにKollmorgenのモータテクノロジーを詰め込んだ製品です。

## マウント

モータマウントには、日本の規格、北アメリカのNEMA (National Electric Manufacturers Association)やIEC (International Electrotechnical Commission)など、現在、世界中で75種類以上のモータマウントが規格化され使用されています。Kollmorgenは、ULとCE両方の条件に合わせた共通の鋳物セットを使用し、さまざまな国の規格に合う標準モータを提供、機械部品や機械構成に合わせ利用頂けます。

選択されたモータのモータマウント面には、出力軸と同心のモータ面上の隆起した円形状のパイロットが設けられています。これは、機械側の取り付け面に設けられパイロットの形状に合わせた凹みまたは切り欠きにより互いの位置合わせを確実にします。これにより、取り付けミスによるアライメントの狂いを防ぎ、ベアリングが早期に故障することを防止します。

## シャフトの変更

さまざまな機械や機構に合わせ、モータのシャフトを変更したい場合があります。シャフトには、特殊なキー溝、異なる直径や長さ、スプライン軸やテーパー軸などがあります。しかし、シャフトの径が細くなると、そのモータが発生するピークトルクにより捻れが発生し、早期に故障する可能性があることから、再度、工学的評価を受けなければならないことがあります。このようなシャフトの捻れは軸の共振(共振周波数(TRF))により発生、この共振による故障を防ぐには、軸に伝わるトルクを押さえる必要があります。Kollmorgenのモータシャフトの加工は、適切な加工精度が得られるよう、工場出荷前に行われています。

## ブレーキ

垂直方向に動く軸など、非通電時やサーボ制御が無い場合に移動する可能性のある軸を保持または静止させておく必要がある場合、ブレーキを追加しなければなりません。このブレーキは、「フェールセーフブレーキ」と呼ばれ、サーボモータが電氣的にオフの時、機械的にオン状態になります。フェールセーフブレーキは、エネルギーを連続的に放散するヒートシンク能力を持たない為、例えば、自動車のディスクブレーキの様に動的モードでの反復動作を行うことはできません。アプリケーションでブレーキを動的モードで使用する必要のある場合は、その目的のために設計された外部ブレーキを追加してください。手動でリリース可能なブレーキやアプリケーションから制御可能なブレーキなどさまざまな製品があります。

## フィードバックデバイス

一般的なサーボモータに使用されるフィードバックデバイスには、レゾルバ、インクリメンタルエンコーダ、サインエンコーダなどがあり、それぞれに精度、分解能、再現性などに特長があります。精度は、最大誤差、または期待値と実際の値との差として定義され、これらは、エンコーダの形状により単位が異なり、ロータリデバイスの単位は角分または角秒で表され、線形デバイスはインチまたはミクロン(100万分の1m)単位で表されます。

フィードバックデバイスの分解能は、そのデバイスから得られる変位の最小増分であり、ロータリデバイスは1回転あたりのカウントまたはライン数を表し、リニアデバイスは最小増分の距離をインチまたはミクロン単位で表します。高分解能エンコーダの付加的な価値は、不安定要素をなくすことでサーボドライブのゲインを増やすことができる点にあり、これにより、応答が良くなり、セトリング時間を短くすることができます。

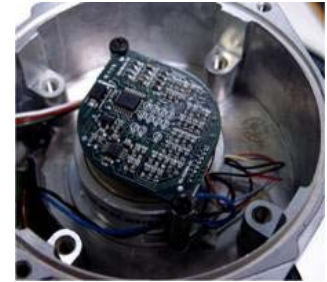
サーボモータの構成

再現性とは、デバイスが同じ位置に繰り返し正確に戻る能力を表します。この再現性は、そのデバイスが持つ基本的な精度よりも大きい場合があります。

一般的なサーボモータのフィードバックデバイスは、速度と位置またはその両方を検出します。この検出方法は、サーボモータとドライブの組み合わせにより異なり、例えば、ブラシレスサーボモータにはロータの位置情報をドライブにフィードバックするホールセンサ(磁気センサ)が備えられ、その情報を基にドライブは巻線の電流を電子的に制御します。また、このタイプのフィードバックデバイスは位置と時間の関係から速度を算出、コントローラにフィードバックしています。

KollmorgenのAKM™サーボモータは、アブソリュートエンコーダ、サインエンコーダ、レゾルバ、オプティカルコミュニケーションエンコーダなど、さまざまなフィードバックデバイスから選択可能です。プラグアンドプレイに対応したKollmorgenのAKD®サーボドライブは、モータを接続するだけで自動的にフィードバックも認識、セットアップや試運転に

掛かる時間を節約できます。Kollmorgenでは、モータ後端のエンドベルを1種類として組み立てを単純化し、モータの品質を向上させています。



最後に、フィードバックデバイスは、出力波形や電圧の違いなどからさまざまなタイプがあり、アプリケーションに必要なフィードバックデバイスをサポートできるドライブを正しく選択して頂く必要があります。ほとんどのドライブは、さまざまなフィードバックデバイスをサポートしていますが、最適な運用を担保するためにも同一メーカーのモータとドライブを使用することをお勧めします。

## よく使用される4種類のポジションフィードバックの概要

パラメータ	レゾルバ	インクリメンタルエンコーダ	正弦波エンコーダ	スマートフィードバックデバイス (SFD)
耐衝撃性/耐振動性	優れる	良	優れる	優れる
動作温度範囲	モータ巻線温度の仕様に準じる(170°C以下)	80 ~ 120°C以下	モータ巻線温度の仕様に準じる(170°C以下)	-20~115°C以下
分解能	レゾルバ-デジタル (RtoD) コンバータに依存、通常12~16ビット (1倍速タイプでは4096~65,536カウント)	1回転あたり500~20,000ライン(2000~80,000カウント)以上 速度制御では4000ライン最小	解像度の基本的な補間量に準じる(500k~200万カウント)	内蔵の1倍速レゾルバを224倍に補間(1600万カウント未満)
精度	10~20分角	3~5分角: 仕様により異なる (例:Stegmann Endat エンコーダは45秒角)	20~60秒角	9~16分角
速度	12,000 RPM または、それ以上	7,000 RPM 最大	12,000 RPM または、それ以上 (アンプの入力周波数制限によって制限される)	12,000 RPM または、それ以上
出力	アナログ出力 - R/Dコンバータまたはドライブ補間ソフトウェアが必要	デジタル出力	アナログ出力 - コンバータまたはドライブ補間ソフトウェアが必要	RS-485
動的応答	可、信号変換によるある程度の位相遅れを生じる	良、デバイスの解像度に依存する	優れる、高解像度	優れる、51.2µs毎の更新レート
コミュニケーションの方法	レゾルバのアブソリュートフィードバックに基づく (モータの磁極は、レゾルバの磁極で割り切れる必要がある)	初期化時、位置情報を取得する為にホールセンサまたはコミュニケーショントラックが必要	正弦波エンコーダのアブソリュートフィードバック特性に基づく	デバイスのアブソリュートフィードバック特性に基づく
レシーバ(ドライブ)からの距離	75m 最大	30m 最大	40m 最大	75m または、それ以上
接続ケーブル	3ペア	7ペア	5ペア	2ペア: 1ペアは電源、もう1ペアはRS-485通信用
価格	低い	低い~中程度	中程度~高い	低い~中程度



## 環境仕様

サーボモータのシールの他にも温度や衝撃、振動など環境配慮のためのさまざまな仕様が決められています。「環境」という言葉で、最初に思いつくのが「モータのトルク定格が示されている温度」だと思います。一般的にベンダーは、25~40°Cの範囲内でトルク定格を決めています。

連続トルク定格は、周囲温度から最大許容限度までの最大温度上昇に基づいています。温度上昇はモータで消費される電力に関係するため、指定されたよりも高い周囲温度で動作するモータは、検討し直す必要があります。逆に、周囲温度が低い環境でモータを運転すると、トルク定格が増加します(以下の計算式は、周囲温度を変えてモータの定格を変更する方法を表しています)。また、この式によりモータに搭載されているヒートシンクのサイズが、カタログに掲載されている定格を満たしていることも確認できます。マシン側の都合などでモータの表面が隠れる場合は、エンジニアに連絡してモータの定格を確認する必要があります。他の環境仕様には、モータが真空中で操作されるもの、原子炉などで使用されるものなどがあります。

真空中で動作するモータは大気との対流による冷却を望めないため、熱伝導により冷却を行う必要があります。これに伴う材料の変更が必要になります。また、原子炉などの核放射環境で使用されるモータの場合、特別な絶縁、軸受潤滑、その他の材料の変更が必要になります。

使用環境上配慮しなければならない項目については、モータの製造元にお問い合わせください。

## 計算方法

注意!! メーカーにより指定された範囲外の条件下におけるモータの使用は、モータに影響を及ぼす恐れがあり、故障の原因になります。

$$\text{トルク定格(計算値)} = \text{トルク定格(連続トルク)} \times \sqrt{\frac{\text{実際の周囲温度(°C)}}{\text{定格周囲温度(°C)}}}$$

例: Kollmorgen AKM65Kサーボモータを周囲温度65°Cの環境下使用した場合を想定

カタログ値から、周囲温度40°C時のモータ連続トルクは、24.8 Nm。巻線温度は、100°C

$$\text{トルク定格(計算値)} = 24.8\text{Nm} \times \sqrt{\frac{100+40-65}{100}} = 21.5\text{Nm}$$

この計算式から、温度により定格トルクからおおよそ13%のトルク低下が見込まれます。

## 接続性

Kollmorgenのサーボモータには、接続ケーブルやコネクタのさまざまなオプションが用意されています。例えば、モータに直付けのコネクタは、防水・防塵規格の国際保護等級(IP規格)に準拠、回転が可能で接続も容易です。なお、モータは、コネクタの他に使われているシールなどの条件により環境への適用が異なりますのでご注意ください。モータ選定の際には、モータが使われる環境とその条件に見合う保護等級を十分に検討する必要があります。KollmorgenのモータカタログなどにはIP規格に準拠したことを示す2桁(または3桁)のコードが記載されています。

## ベアリング

サーボモータ軸受けは市場の要求から標準品においてもさらなる長寿命化が求められ、大きな負荷容量を持つベアリングと太いシャフトの使用がトレンドになっています。Kollmorgenでは、さらに特殊用途向けに回転精度を高めた特殊ベアリング(プレジジョン、デュプレックス、クロスローラタイプなど)を採用したモータもオプションから選択頂けます。

サーボモータのベアリングは、幅広い温度に対応した恒久的な潤滑剤により潤滑されていますが、高温下または低温下での使用を考慮した特殊潤滑剤についてもオプションから選択頂けます。

## 最後に

サーボモータの製造業界においては標準化が進み、標準品であればどのメーカーの製品でも大きな差が無くなって来ています。Kollmorgenでは、標準品のみならず、多彩なオプションと設計変更に高い柔軟性を持つ製品により、お客様のシステム構築から積極的にエンジニアリング活動を行い、お客様のシステムに最適なサーボモータを提供しています。サーボモータの選択でご不明な点は、Kollmorgen製品取り扱い代理店にお問い合わせ頂くか、もしくは、弊社ウェブサイト<http://www.kollmorgen-japan.jp>をご覧ください。

また、さらに高度な技術を必要とするシステム開発において、技術的課題や要求をお客様と共に解決する技術支援サポートを行っています。エンジニアによるサポートチームは技術的な支援の他に、システムのライフサイクルやアップグレード、安全対策、オペレータのトレーニング、カスタマサポートなど幅広い側面からのサポートが可能です。お客様のビジネスプロセスに対しても同様に、かんばん方式のサプライチェーン管理、ジャストインタイムデリバリーなどによるサポートが充実しています。

---

### KOLLMORGENについて

Kollmorgenは、世界中のお客様にオートメーション機器やドライブシステムを供給するメーカーです。100年以上の歴史を数え、モーションコントロールの設計やアプリケーションの構築などにその経験を活かしたソリューションの提供と性能、品質、信頼性、使いやすさを追求した各種製品の販売を行っています。

Kollmorgenの製品の詳しい情報につきましては、[ia-info@kollmorgen-japan.jp](mailto:ia-info@kollmorgen-japan.jp)にお問い合わせいただくか、Kollmorgenのウェブサイト[www.kollmorgen-japan.jp](http://www.kollmorgen-japan.jp)をご覧ください。