

よくわかる ACサーボモータの初步





FA化、OA化の進展につれ、機械、装置のモーションコントロールシステムに対するニーズが、いちだんと高度化、多様化しより高速、高頻度、高精度、メンテナンスフリーのモーションコントロールが求められています。

モーションコントロールシステムを人間に例えれば、感覚に相当するセンサ、頭脳に相当する情報処理部、手足にあたるアクチュエータ、そしてこれらを結ぶ神経に相当するインターフェースで構成されます。これらの要素は、近年、エレクトロニクス技術の応用などにより飛躍的に高性能化していますが、なかでも注目されるのが、アクチュエータにおけるACサーボモータです。

ACサーボモータは、各種のアクチュエータの中でも、モーションコントロールの高速化、高頻度化、高精度化、メンテナンスフリー化が容易に実現できる特徴をもち、時代のニーズとして急速に需要が増えつつあります。

この小冊子は、このように今後のモーションコントロールの主役になるACサーボモータを分かりやすく解説したものです。ACサーボモータを理解するのに少しでも本冊子を活用していただければ幸いです。



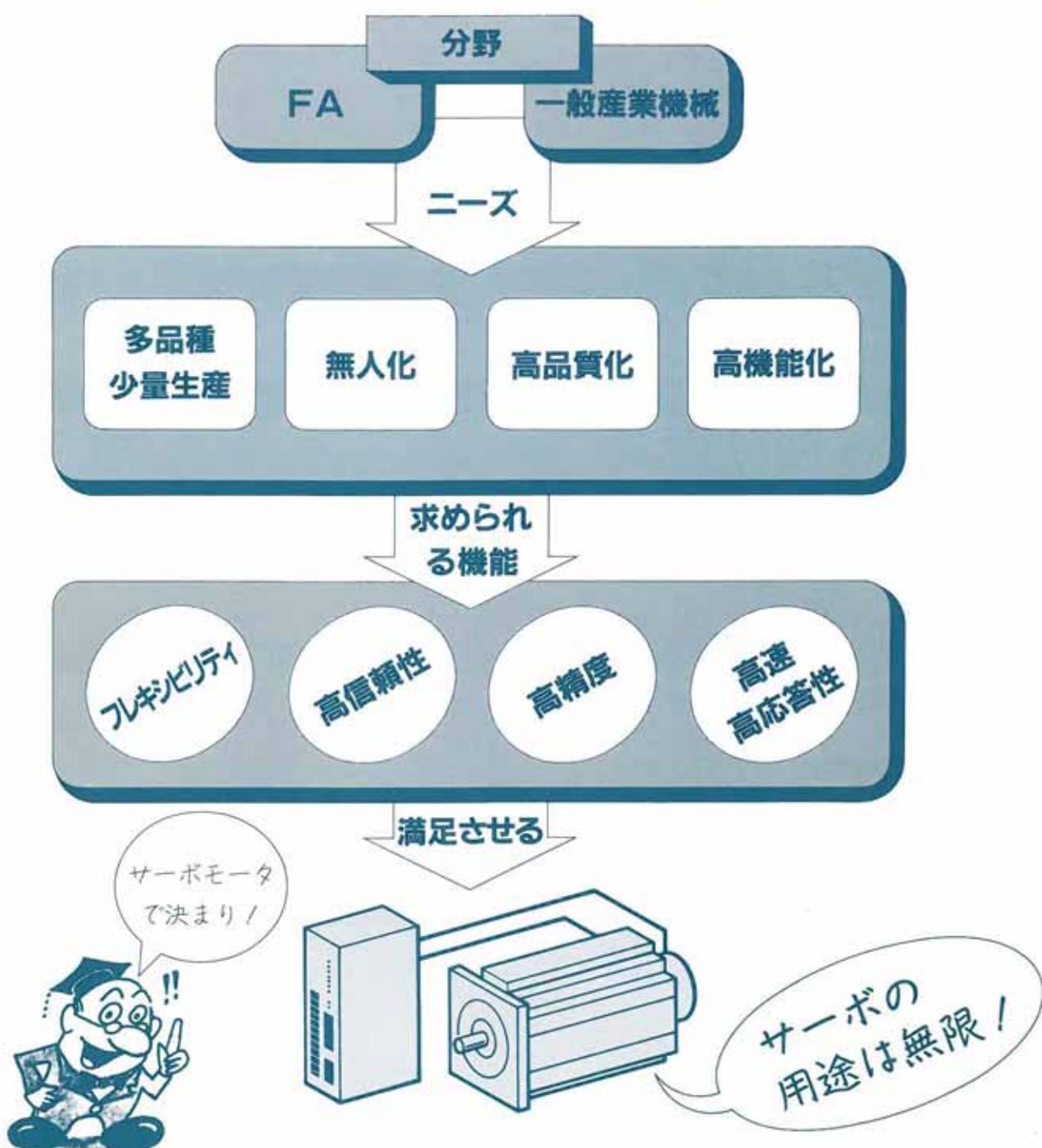
1. サーボは時代のニーズです	—— サーボの用途は無限 ——
・今、どうしてサーボが求められているのでしょうか.....	1
・モータの種類.....	2
・モータの構造.....	3
・位置決め、速度制御をモータで行うには.....	4
・位置決めの方法を比べてみましょう.....	5
・速度制御の方法を比べてみましょう.....	6
2. サーボモータとは	
・サーボとは.....	7
・制御用モータの分類と特徴.....	8
3. ACサーボモータとは	
・ACサーボモータとDCサーボモータとの比較.....	9
・検出器.....	10
4. ACサーボモータの制御原理	
・ACサーボモータの動作原理.....	11
・サーボドライバの役割.....	13
・サーボドライバの構成.....	14
5. 速度制御システムと位置制御システムについて	
・速度制御の概要.....	15
・位置制御の概要.....	16
6. ACサーボモータの使用上のポイント	
・負荷について.....	17
・負荷イナーシャについて.....	17
・減速機構について.....	17
・ノイズ対策について.....	18
・モータの取付けについて.....	19
・ドライバの取付けについて.....	19
7. 用語解説	
・用語解説.....	20

1. サーボは時代のニーズです



サーボモータは現代の産業に不可欠な要素です。しかも、その用途は無限と言えるほど、いろいろな機械、装置に広く使われています。それでは初めに、今、FAなどの分野に“なぜ、サーボモータが求められているのか”、その理由を考えてみましょう。

今、どうしてサーボが求められているのでしょうか

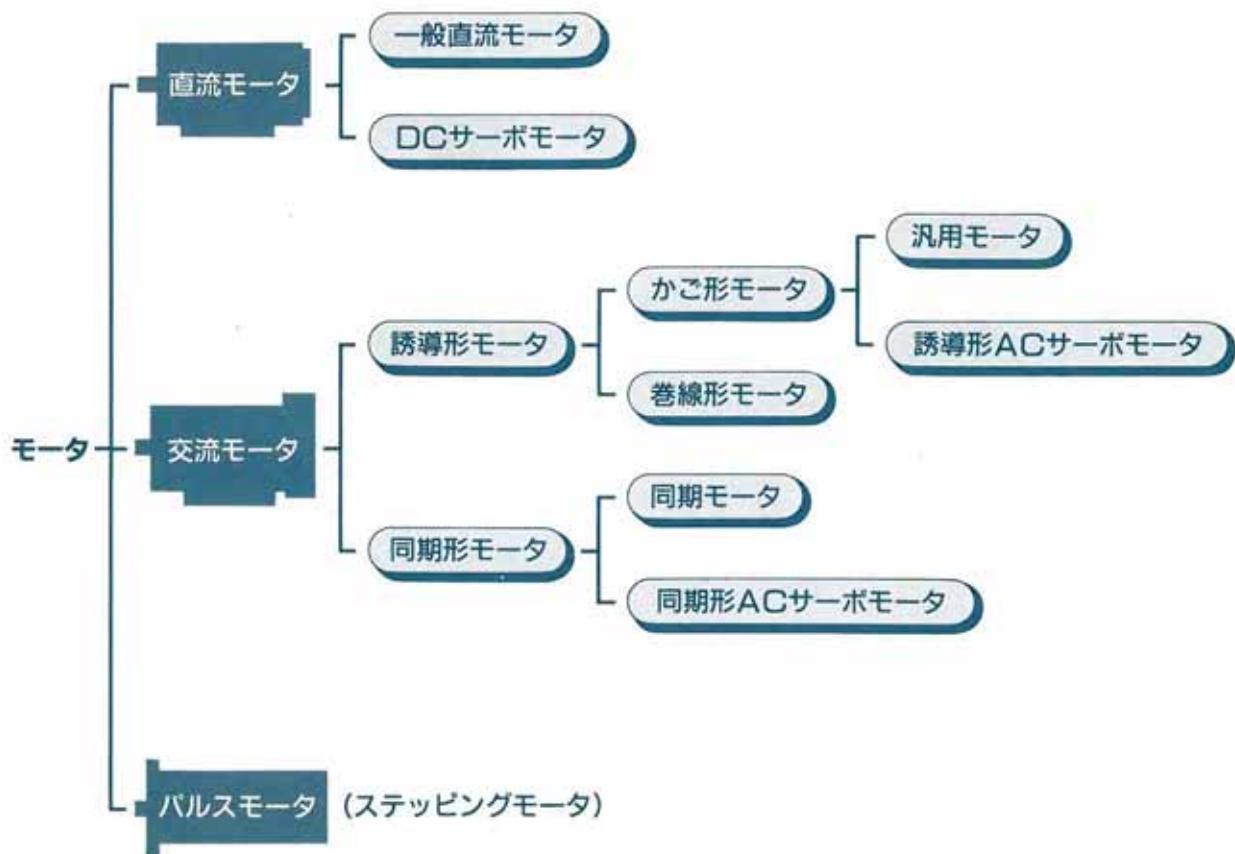


モータの種類

サーボモータをご理解いただくために、まずモータの基本的なことからご説明いたします。

モータにはどのような種類があるのでしょうか。

モータの分類の方法にはいろいろありますが、一般的には次のように分類されます。



モータにはいろいろあるが、
これからは、なんと言っても
ACサーボモータが主役！

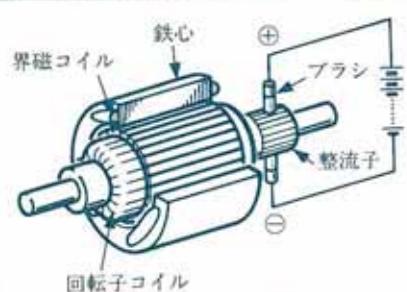


モータの構造

前ページで分類したいろいろなモータについて、その基本的な構造を見てみましょう。

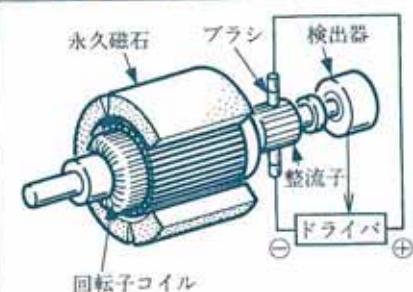
直流モータ

●一般直流モータ



直流電源により回転するモータです。回転子に電流を流すためのブラシと整流子が必要です。

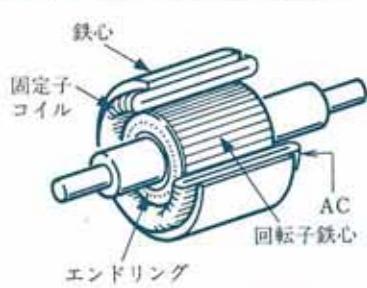
●DCサーボモータ



直流モータに位置を検出するための検出器が付いているモータです。

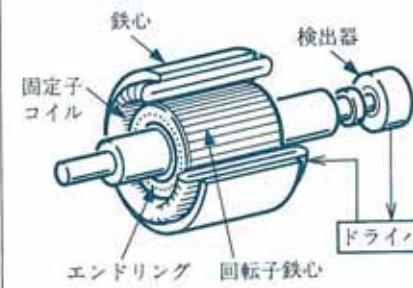
交流モータ

●汎用モータ（かご形誘導モータ）



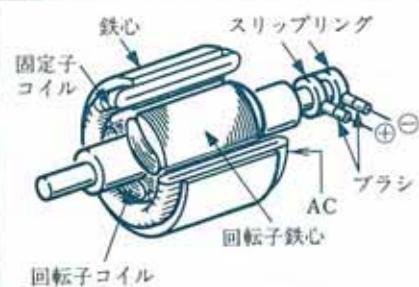
三相交流電源により回転するモータです。負荷により回転数が変わります。いろいろな分野で一番多く使われているモータです。

●誘導形ACサーボモータ



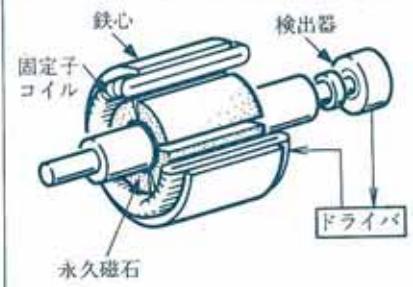
誘導モータに位置を検出するための検出器が付いているモータです。

●同期モータ



三相交流電源で回転するモータです。回転子に磁極を持ち、負荷に影響されずに一定回転で回ります。

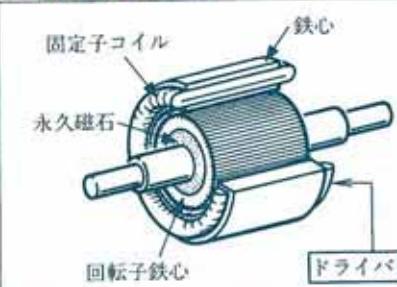
●同期ACサーボモータ（ブラシレス）



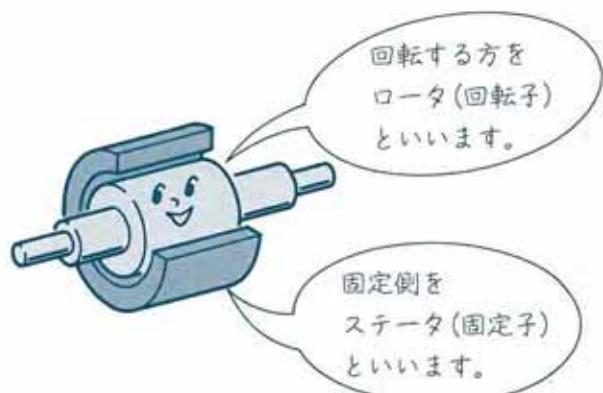
同期モータの回転子に永久磁石を使い、位置を検出するための検出器が付いているモータです。

パルスモータ

●パルスモータ



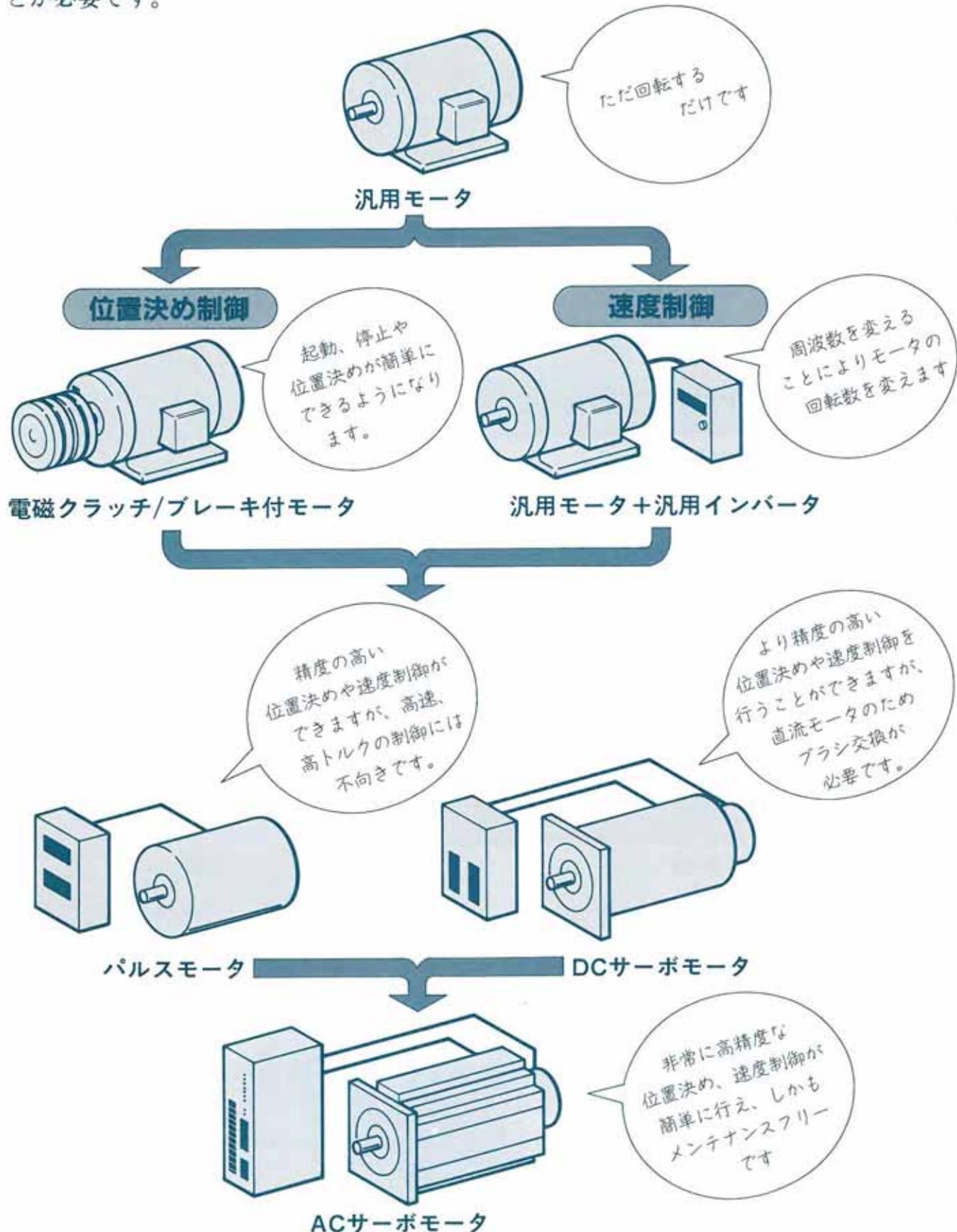
パルス電源により入力したパルスの数に従って回転するモータです。ステッピングモータとも言います。



位置決め、速度制御をモータで行うには

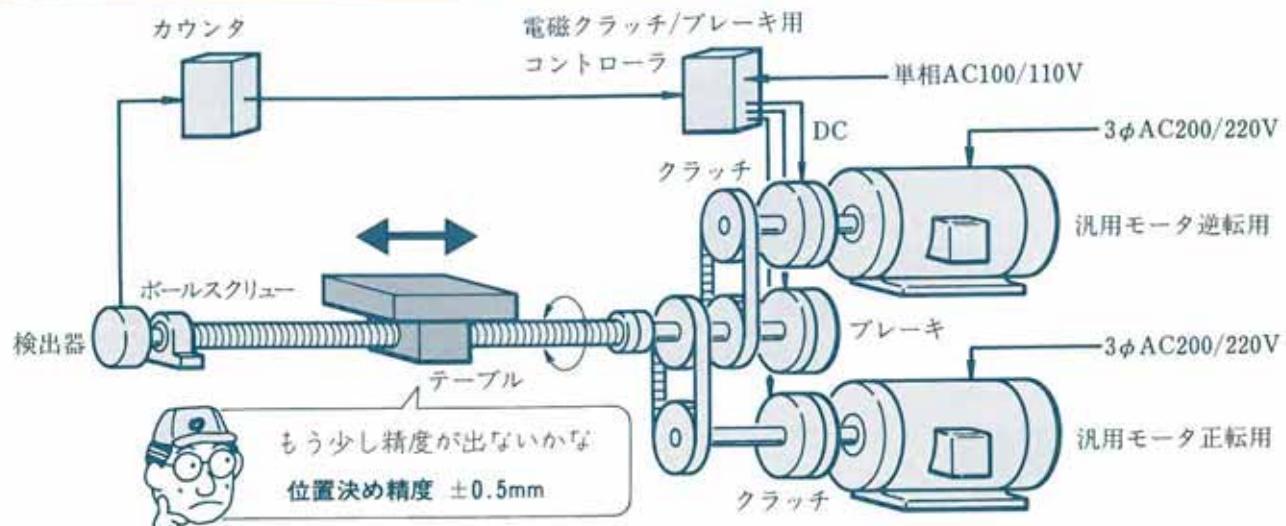
モータを用いて位置決め制御と速度制御を行う方法にはいろいろあります。

次に示したものは、よく使われる代表的な方法ですが、用途、目的により使い分けることが必要です。



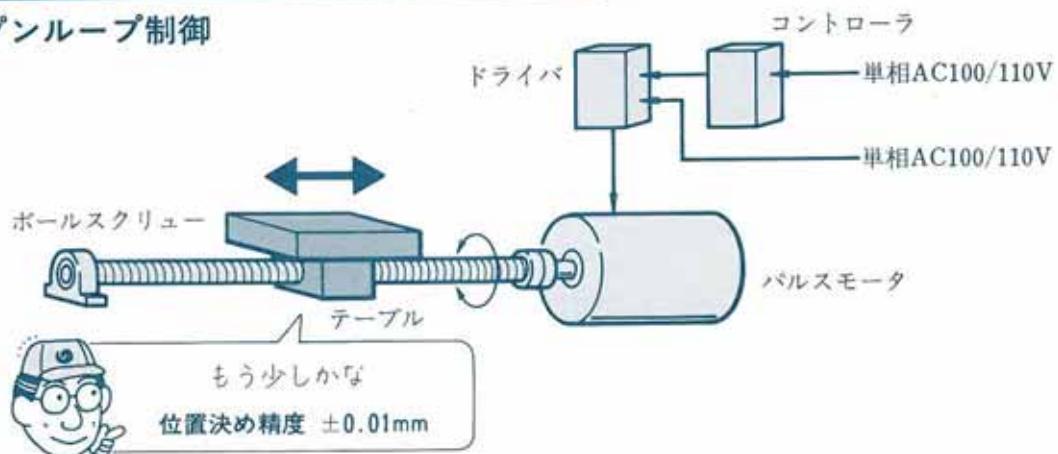
位置決めの方法を比べてみましょう

電磁クラッチ/ブレーキによる位置決めの例



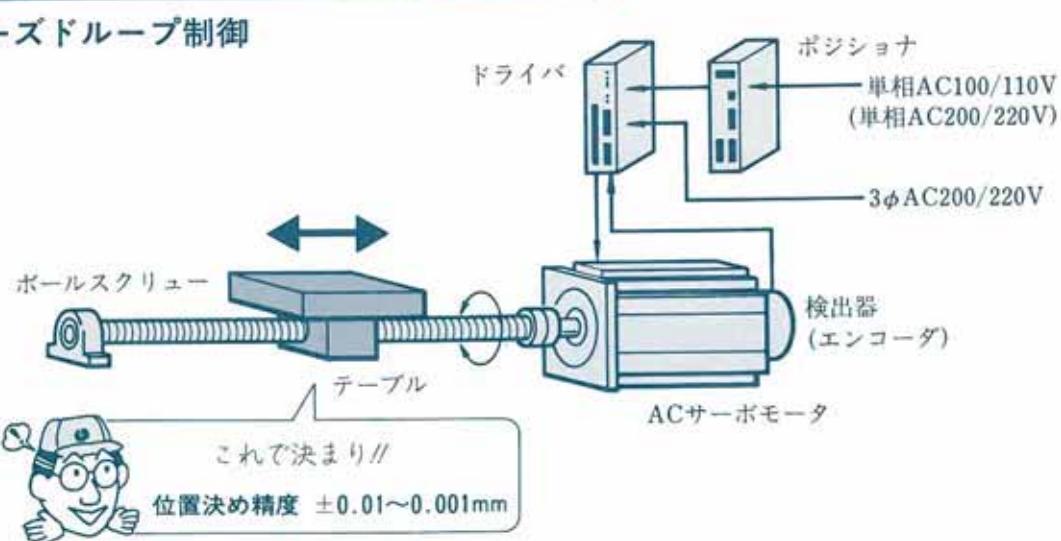
パルスマータによる位置決めの例

●オープンループ制御



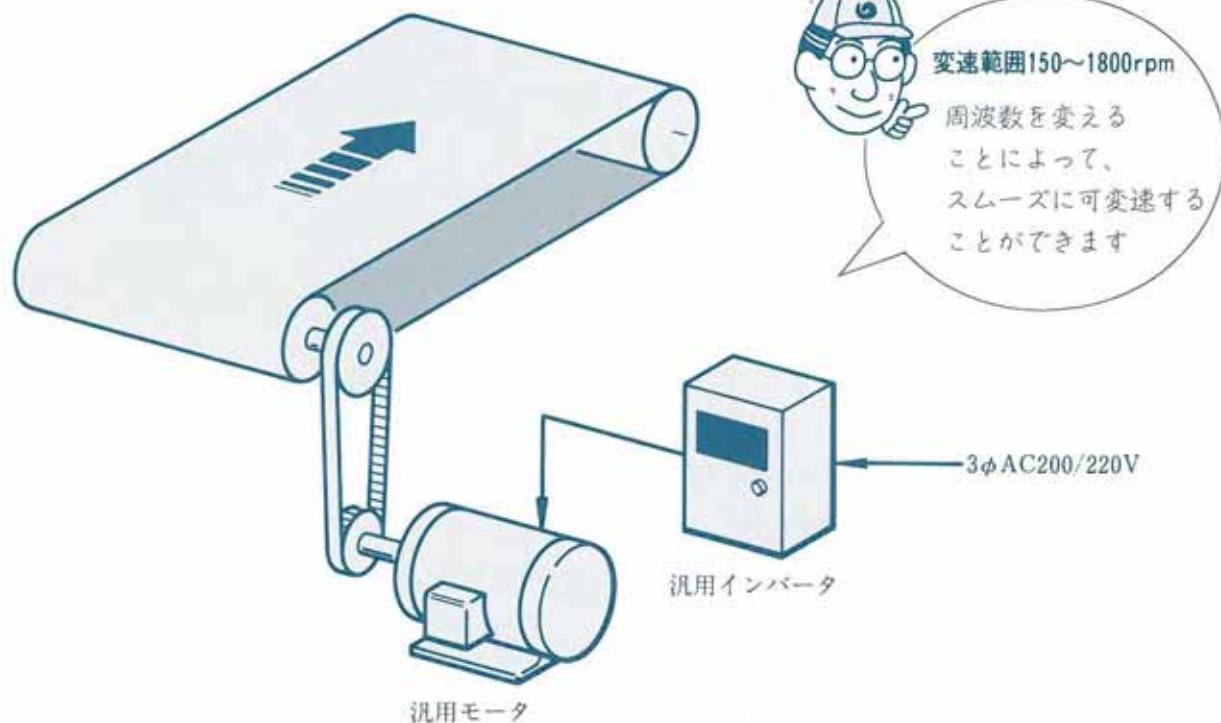
サーボモータによる位置決めの例

●クローズドループ制御

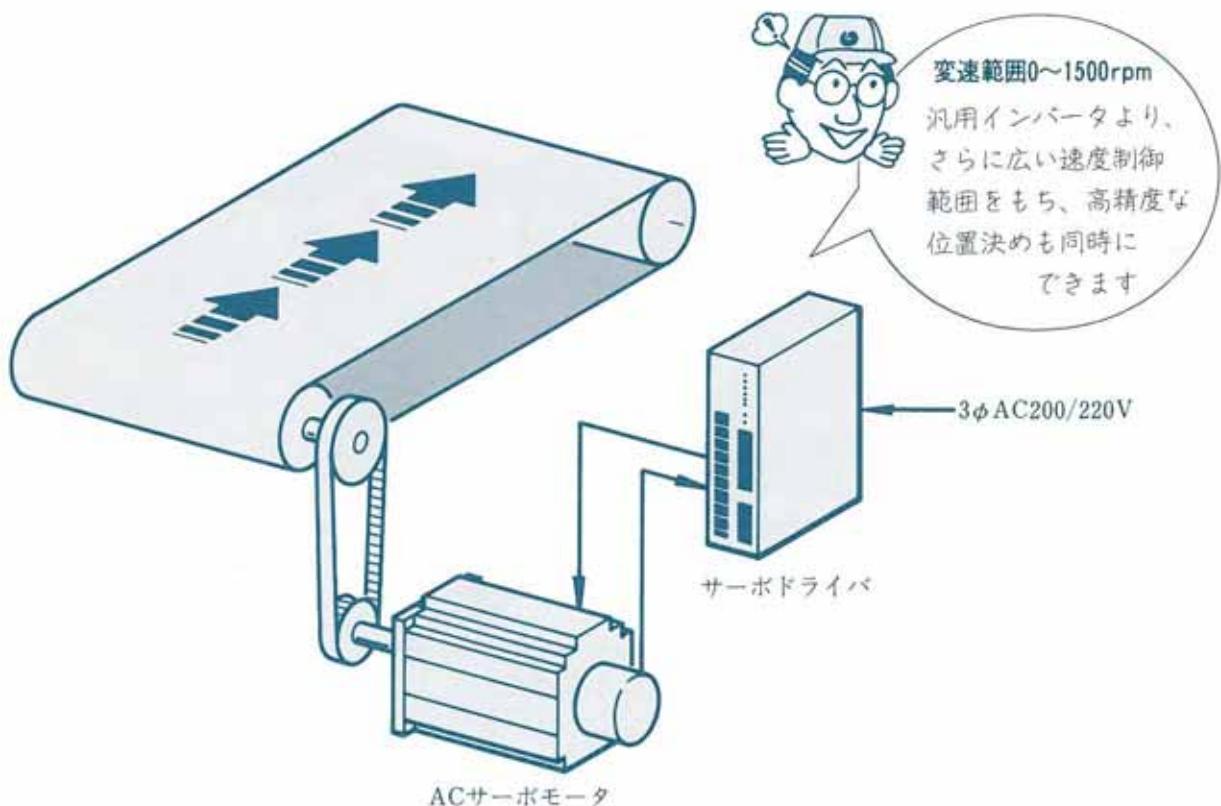


速度制御の方法を比べてみましょう

インバータを使った可变速の例



サーボモータを使った可变速の例



2. サーボモータとは



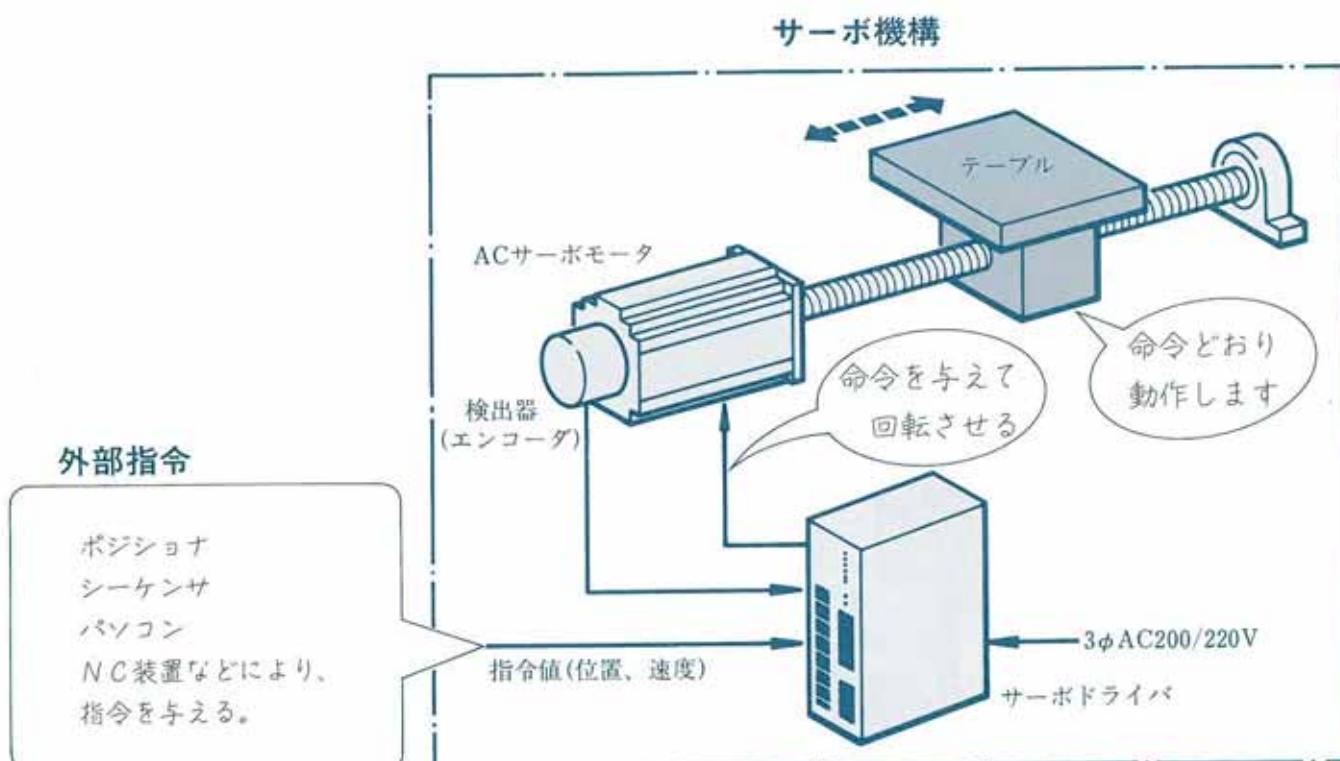
第一章で説明したように、いま、なぜサーボモータが求められているのか、お分かりいただけたと思います。それでは、この章では『サーボモータ』とは、一体どのようなものなのか、具体的に説明しましょう。

サーボとは

サーボモータは、文字通り『モータをサーボ化』したものですが、いったいサーボとはどういう意味なのでしょうか。

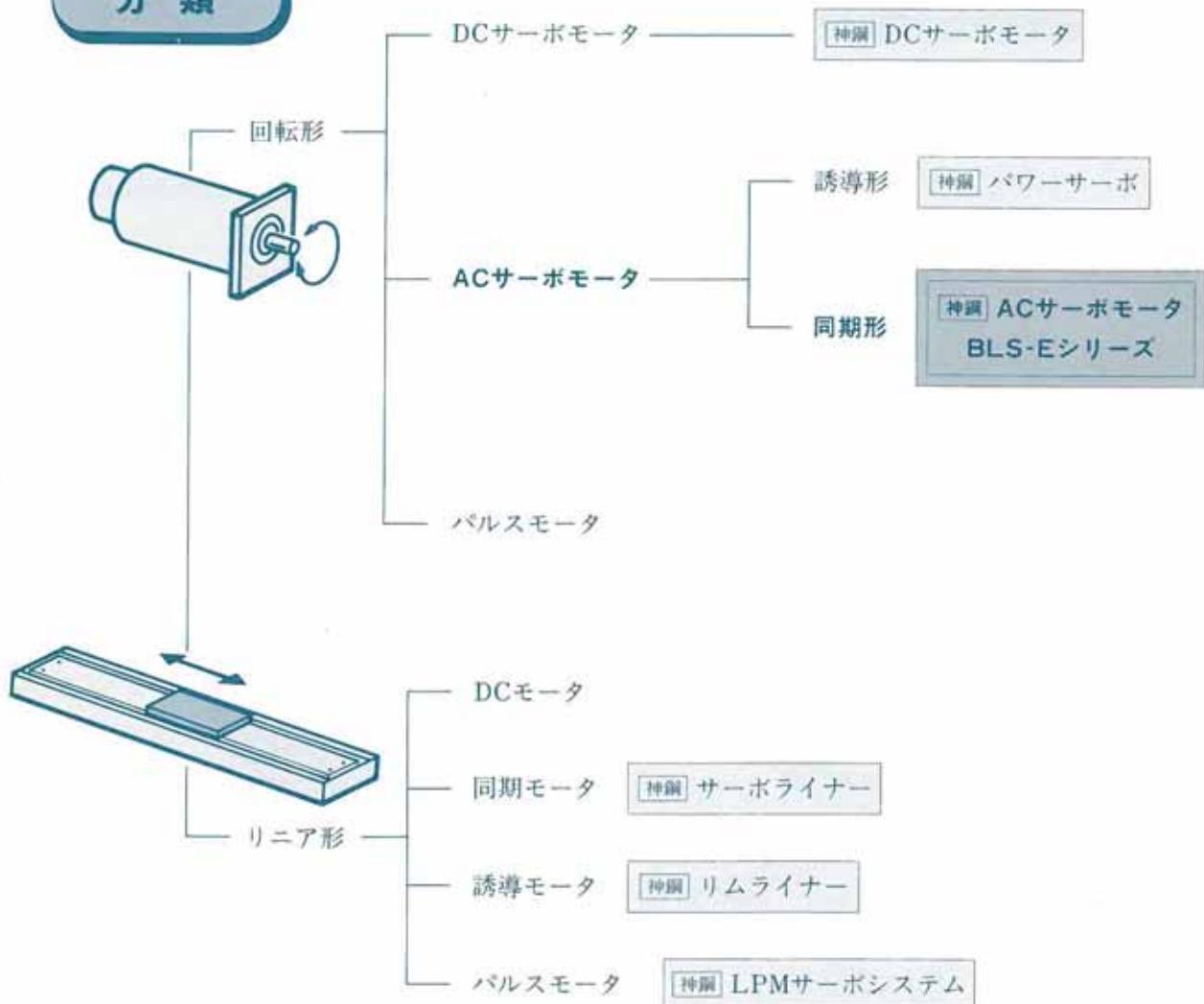
サーボという言葉の語源は、ギリシャ語の *Servus* (奴隸) からきており、命令に対して忠実に働く、動作することを意味しています。

つまり『サーボ』とは、機械装置を命令通りに正確に動作させる制御のことであり、そして、この場合の“命令”とは『ここで停止しなさい』、『速度をいくつにしなさい』といった位置や速度の指令値のことです。



制御用モータの分類と特徴

分 類



特 徴

	パルスモータ	DCサーボモータ	同期形 ACサーボモータ [神鋼 BLS-Eシリーズ] 0.1~3.7kW	誘導形 ACサーボモータ [神鋼 パワーサーボ] 5.5kW~
長 所	オープンループ (パルス列入力) 低成本	小形で大トルク 制御性が良い 小容量で低成本	高速大トルク 小形、軽量 メンテナンスフリー	高速大トルク メンテナンスフリー ピークトルク大 大容量可
短 所	脱調 磁気騒音 トルク少	メンテナンス要 ブラシ摩耗粉の発生 火花による使用環境 制約あり	大容量化不適	中小容量で損失大 制御回路が複雑

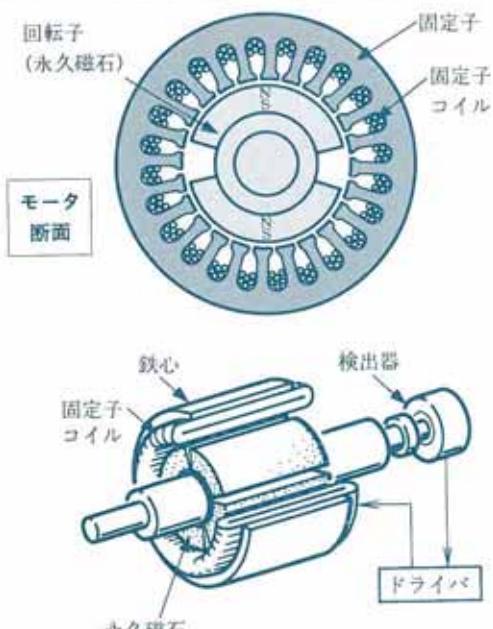
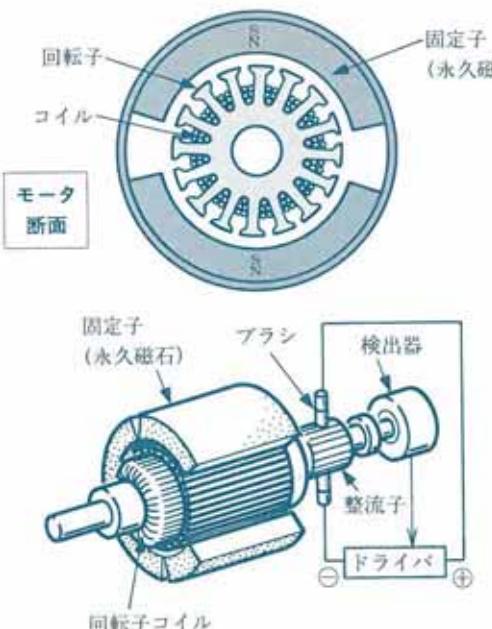
3. ACサーボモータとは



ここまで説明で『サーボモータ』というものの概念がお分かりいただけたと思います。そこで、3章からは、いよいよ『ACサーボモータ』について、より詳しく説明することにしましょう。

なお、以降からは当社製の同期形ACサーボモータ[BLS-Eシリーズ]について説明していきます。

ACサーボモータとDCサーボモータとの比較

	ACサーボモータ	DCサーボモータ
モータの構造	 <p>モータ断面</p> <p>回転子（永久磁石） 固定子 コイル 検出器 モータ ドライバ</p> <p>固定子 コイル 鉄心 永久磁石</p>	 <p>モータ断面</p> <p>回転子 固定子 （永久磁石） コイル 検出器 モータ ドライバ</p> <p>固定子 （永久磁石） ブラシ 検出器 整流子 ドライバ</p> <p>回転子コイル</p>
寿命	20000h以上(ペアリングの寿命)	3000~5000h(ブラシ寿命) 負荷、環境条件により著しくバラツキあり
メンテナンス	不要	定期的にブラシの点検・交換が必要
騒音	小	ブラシの摺動音 大
効率	<p>優</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ステータから放熱するため、冷却効率がよい 	<p>良</p> <ul style="list-style-type: none"> ●整流損失がある ●ロータが発熱するため、冷却効率が悪い
過負荷耐量	大	<p>中</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ブラシのフラッシュオーバーにより電流が制限
応答性	<p>早い</p> <ul style="list-style-type: none"> ●高速までトルク大 	<p>早い</p> <ul style="list-style-type: none"> ●高速でトルクが減少

検出器

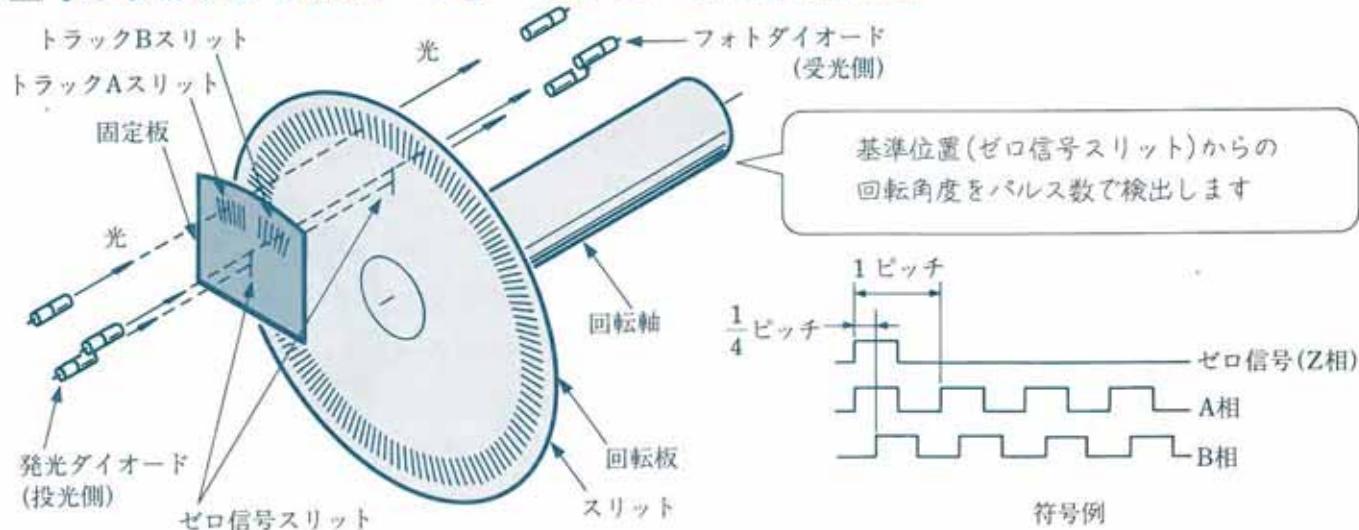
サーボモータには『速度』と『位置』を検出する検出器が不可欠です。検出器にはいろいろなタイプがありますが、ここではBLS-Eシリーズに採用されている『ロータリエンコーダ』について説明します。

ロータリエンコーダ(オプティカルエンコーダ)

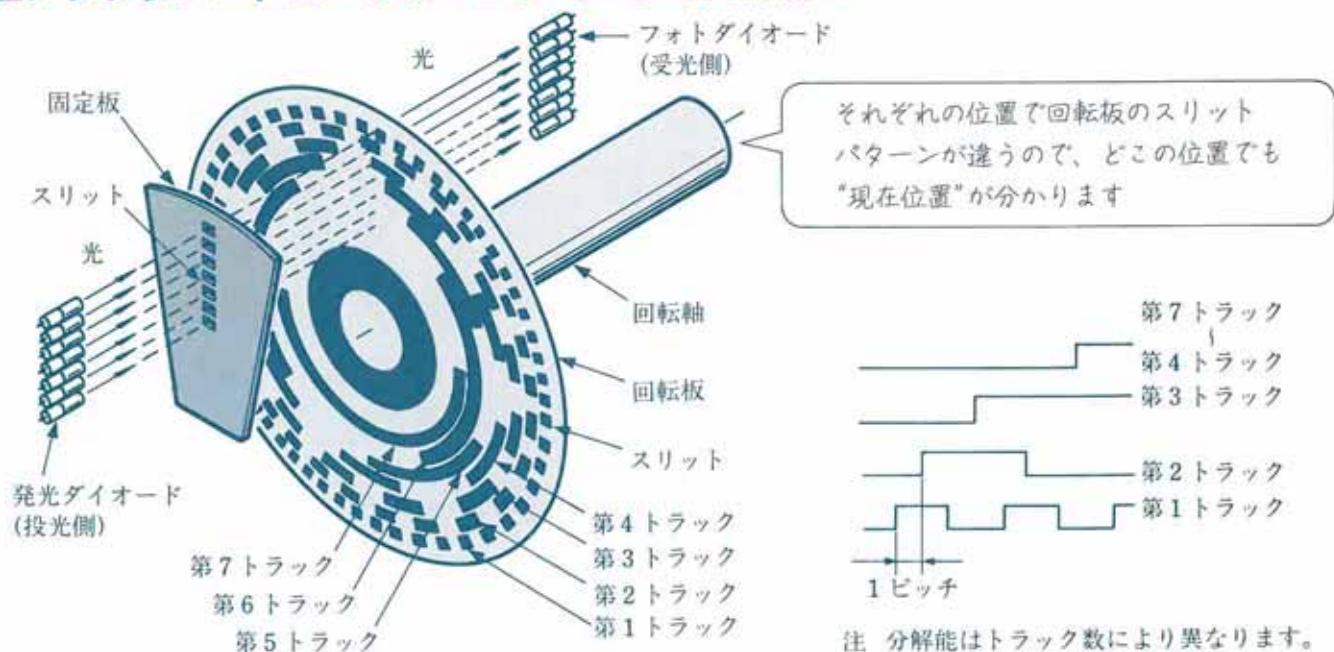
投光側から出た発光ダイオードの光を、固定板のスリットと回転軸に取り付けられた回転板のスリットによって通過または遮断し、スリットを通過した光を受光側のフォトダイオードで受け電気信号に変換します(パルス信号になります)。

ロータリエンコーダには、インクリメンタルタイプとアブソリュートタイプがあります。当社のEシリーズには、インクリメンタルエンコーダが標準装備されています。

①インクリメンタルロータリエンコーダの内部構造



②アブソリュートロータリエンコーダの内部構造



4.ACサーボモータの制御原理



ACサーボモータには『サーボドライバ』が必ず必要です。

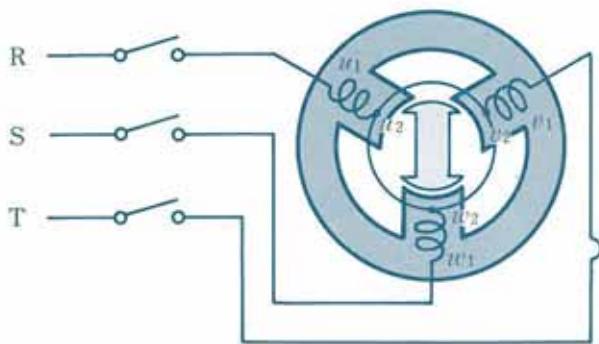
サーボドライバは、サーボモータの回転を制御する重要な役目をもっています。そこで、この章ではサーボドライバの基本的な制御原理をご理解いただくために、サーボモータの動作原理とサーボドライバの構成について説明します。

ACサーボモータの動作原理

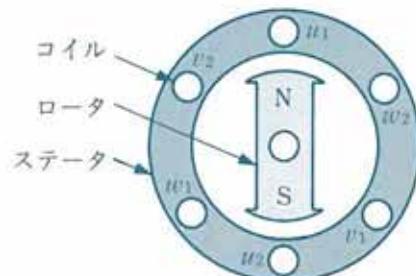
ここではACサーボモータがどのように回転するのかを説明しますが、分かりやすくするために、まず、エンコーダの付いていない、普通の同期モータの動作原理を見てみましょう。

同期モータの回転原理

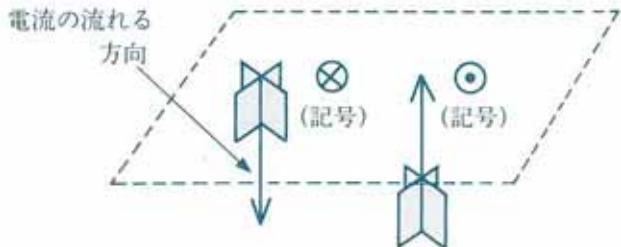
図Aを見てください。これは同期モータの概念を簡単に示した図です。



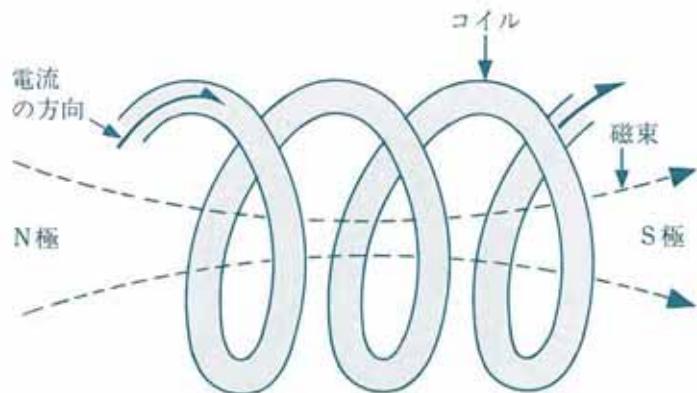
(図A) 同期モータの概念図



(図B) 同期モータの断面図



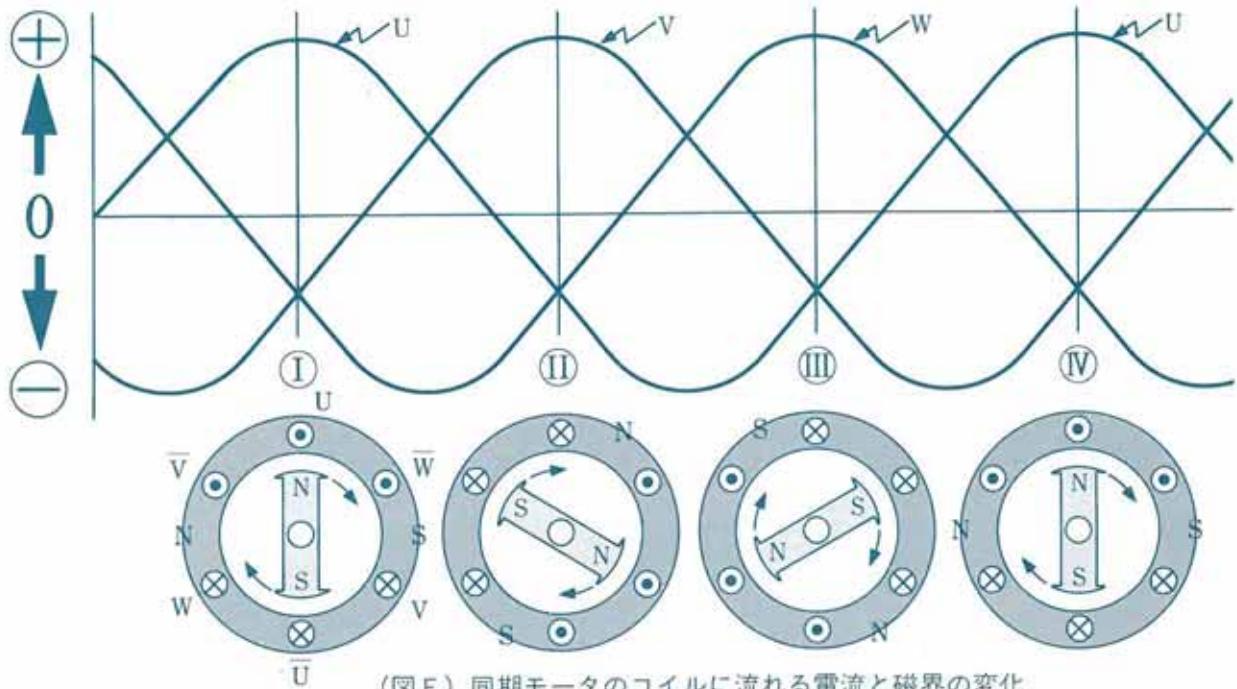
(図C) 電流の流れる方向とその記号



(図D) 電流と磁界の関係

では、次ページの図Eをご覧ください。

モータに三相交流を与えるとモータの固定子コイル(U、V、W)には時間の変化とともに図Eに示すような電流が流れます。これによりモータの固定子側に回転磁界が発生します。ロータの磁石は、この回転磁界に引きつけられて回転します。



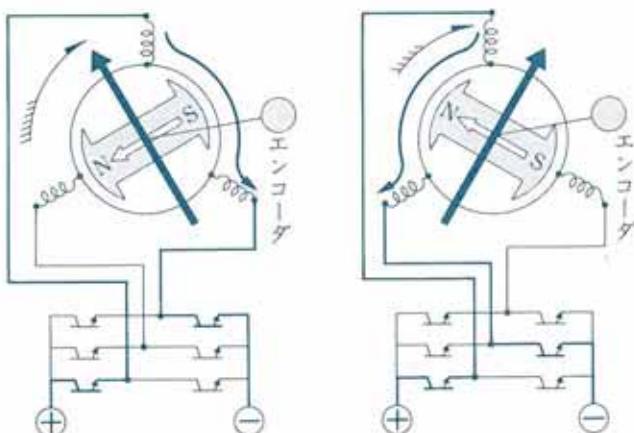
(図E) 同期モータのコイルに流れる電流と磁界の変化

ACサーボモータの回転原理

ロータとステータの磁界位置関係により、モータに回転トルクが発生することが分かりいただけたとおもいます。

さて、ACサーボモータの場合はどうするのでしょうか。ACサーボモータは磁界の位置関係を知るために、図Fに示すようにエンコーダを利用しているのです。

エンコーダには、ゼロマーカーというゼロ信号を検出するスリットと、パルス検出用のスリットが付いています。このゼロマーカーとロータの磁極位置をあらかじめ機械的に決めておけば(これを基準位置とする)ゼロマーカーの位置からパルス検出用スリットをカウント(パルスをカウント)することによりロータの磁極位置を知ることができます。



ACサーボモータは、ロータ磁極と直交する磁極を発生するよう、ステータのコイルに通電することにより回転トルクを発生します。

(図F) ステータコイルにより発生した磁界の方向

ゼロマーカーから何パルス進んだかで、磁極の位置が分かる

どのコイルにどんな電流を流してやれば良いかが、決まる

モータがうまく回転するように、この仕事をしているのがドライバです！

ドライバの役割

ドライバは、エンコーダからの信号を取り入れてモータの回転を制御しています。
そのためにドライバは

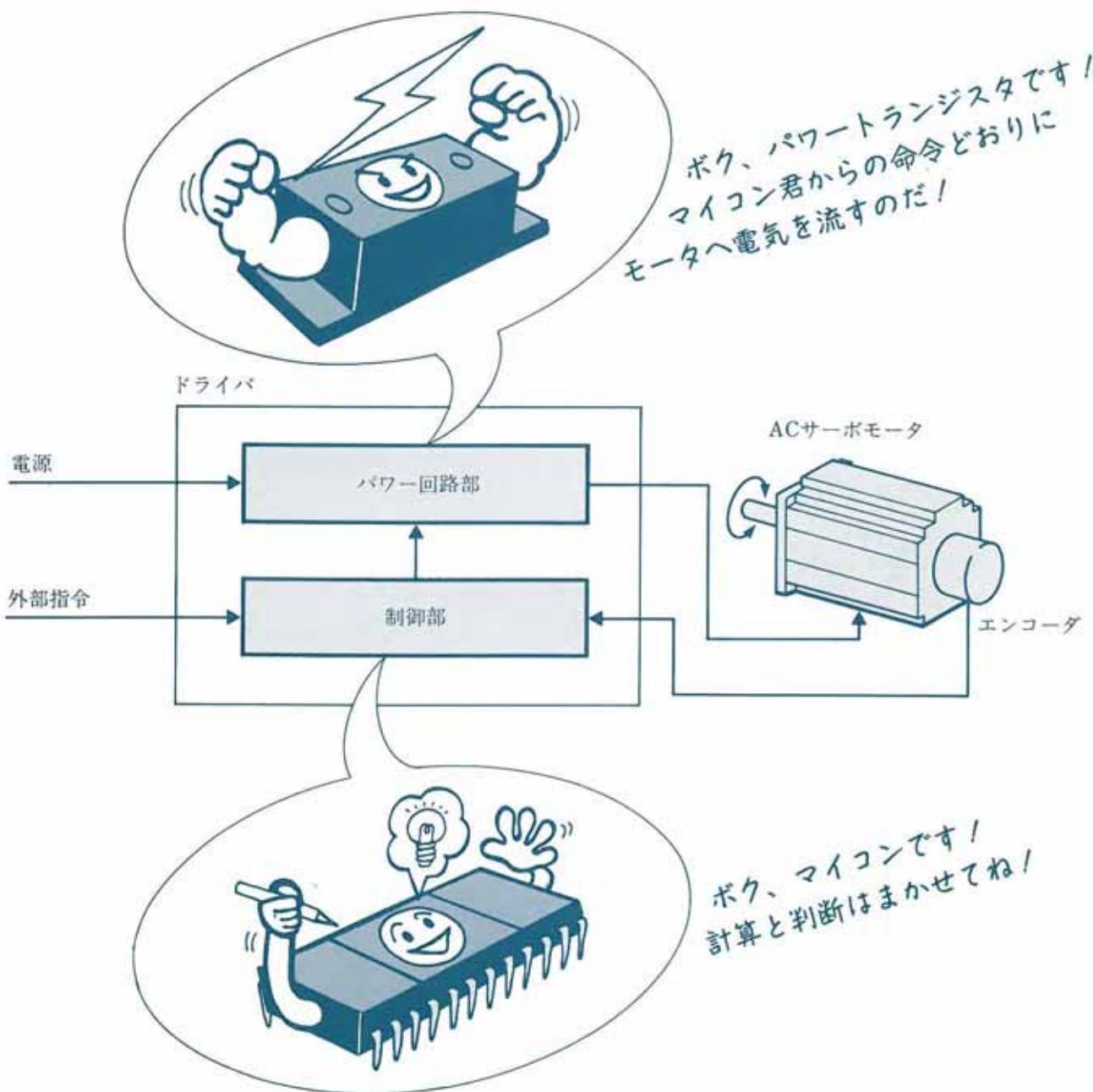
★どのコイルに、いつ、どんな電流を流せばよいか

★どちらの方向に回転させるのか

★指令と回転数が合っているか

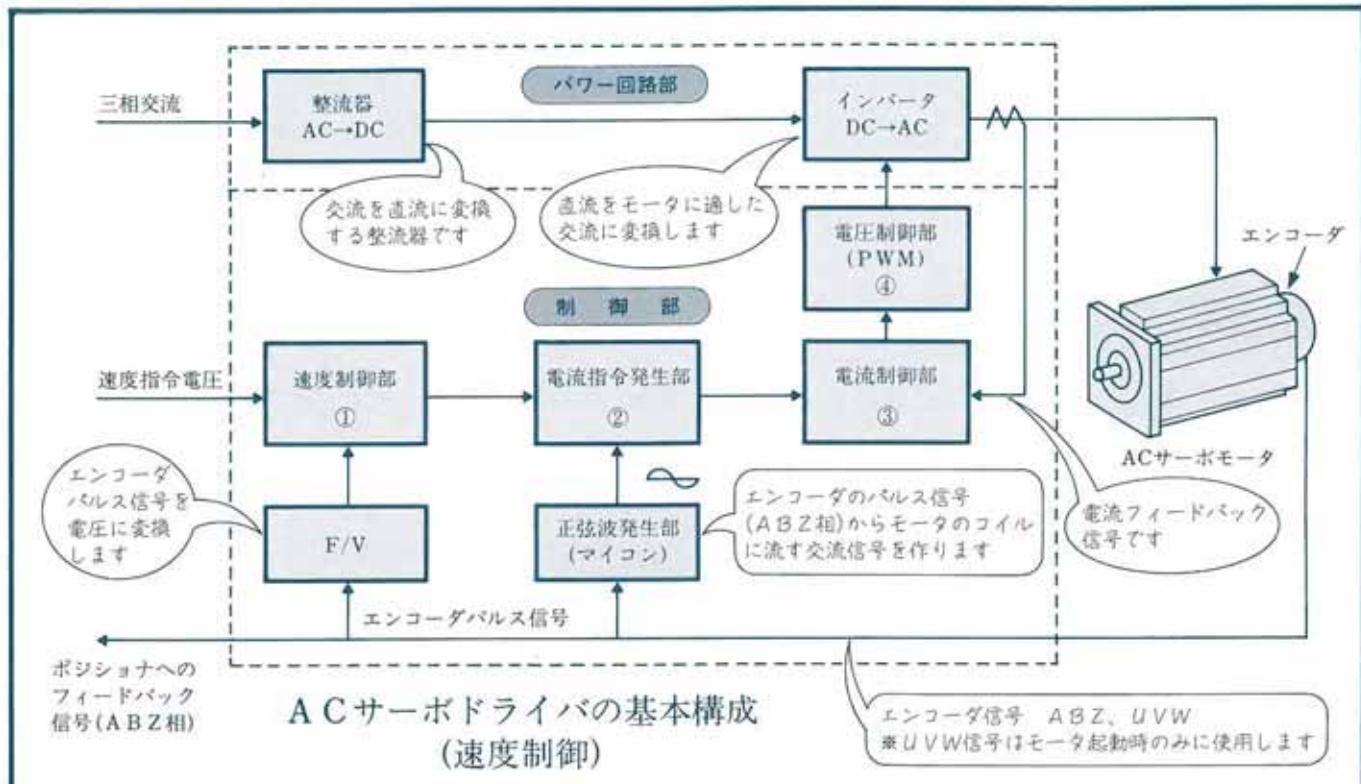
★どの位置で止まればよいのか

このようなことをマイコンにより演算処理してACサーボモータを動かしているのです。



ドライバの構成

それでは、いよいよ実際のドライバの中をのぞいてみましょう。
少し難しくなりますが、図はドライバの基本的な構成を示したものです。



パワー回路部

三相交流から直流を作る『整流器』と、その直流をモータに適した交流に変換する『インバータ部』により構成されています。

制御部

速度指令値とエンコーダからのフィードバックパルス信号(速度信号)を比較して速度制御を行う回路です。動作の実際を順を追って説明しましょう。

速度制御部①

外部からの指令値とエンコーダからのパルス信号が比較され、その値が増幅されて出力されます。

電流指令発生部②

①の出力と正弦波発生部の出力から電流指令を作ります。

電流制御部③

②の電流指令とモータからの電流信号を比較し、偏差を増幅して出力します。

電圧制御部④

③の出力をもとにインバータを制御する信号を作りだします。

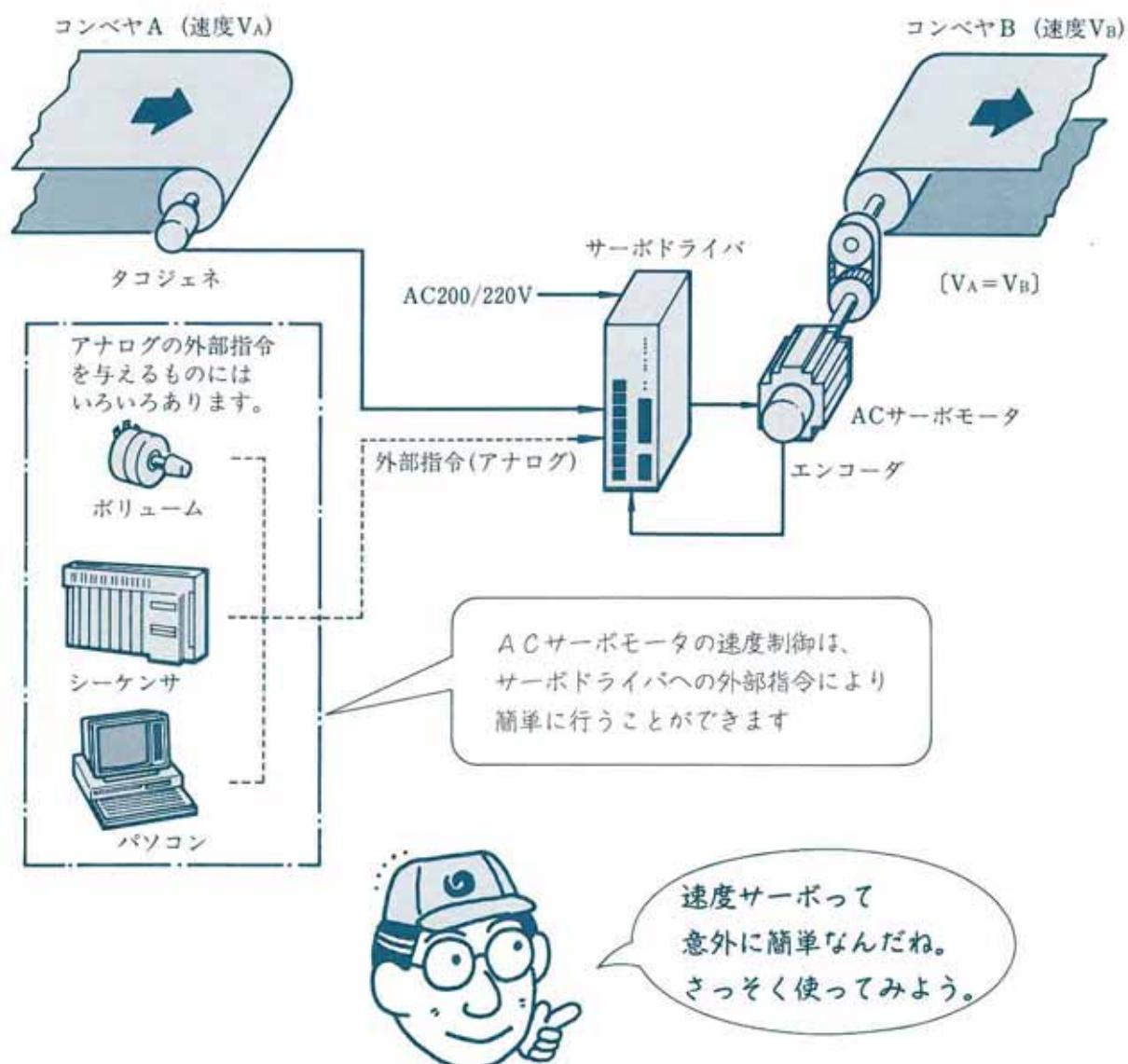
5. 速度制御システムと位置制御システムについて



これまでの説明でACサーボモータとは、どういうものか、また、どうして位置決めや速度制御ができるのかなどについて、概略ご理解いただけたと思います。そこでこの章では、ACサーボモータを使った速度制御システムと位置制御システムの実際を見てみましょう。

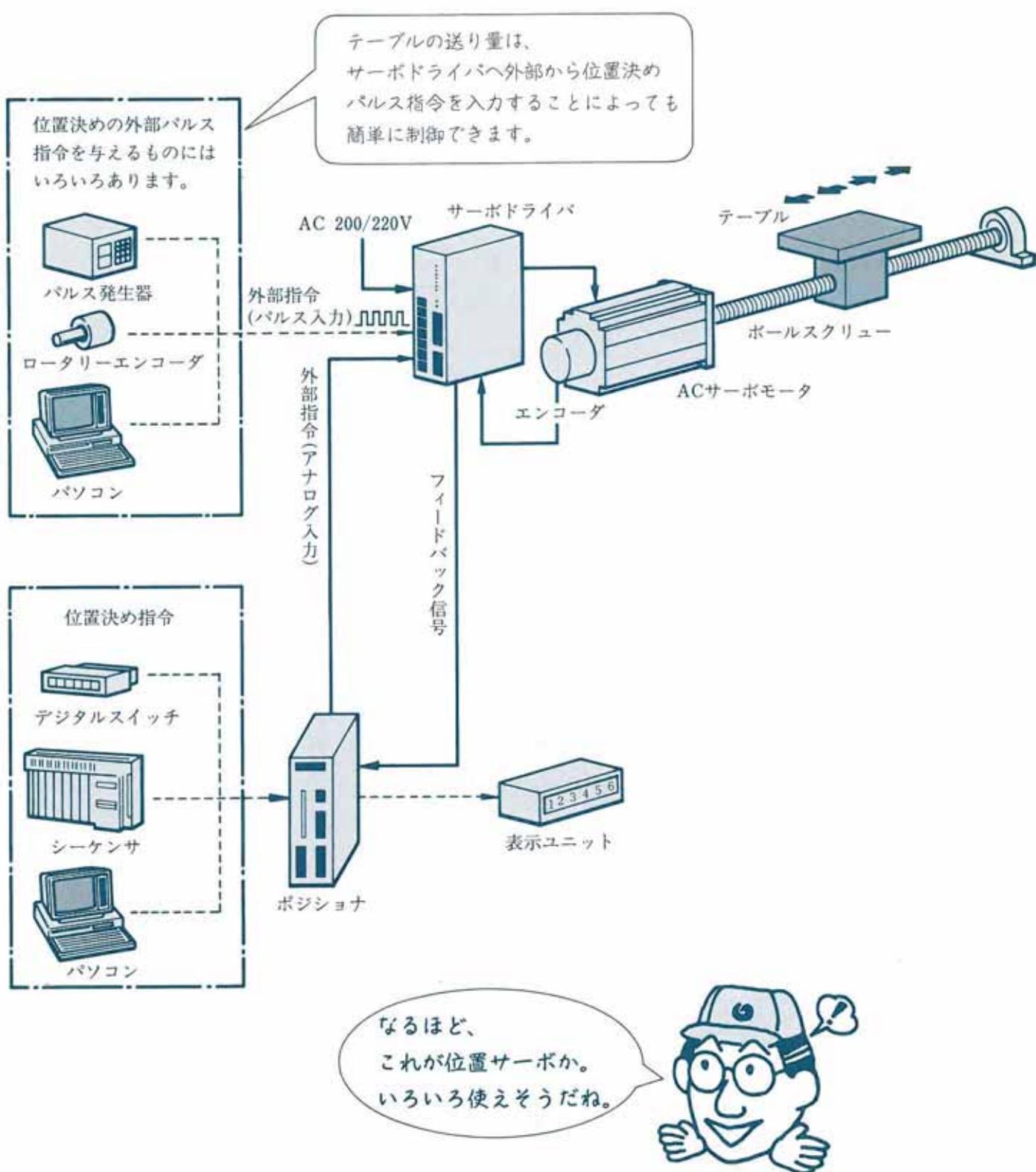
速度制御の概要

この例は、2つのコンベヤA、Bを同じ速度で運転(同期)させるための速度制御の例です。まずコンベヤAの速度を検出し、その速度指令をサーボドライバに与えます。サーボドライバは、その指令によって速度制御を行いACサーボモータの回転、すなわちコンベヤBの速度を制御し、コンベヤAに同期させます。



位置制御の概要

この例は、ポールスクリューによって送られるテーブルの位置決めを行っているものでサーボドライバは、ポジショナからの位置指令によりテーブルの送り量、すなわちサーボモータの回転を制御して位置決めをします。



6. ACサーボモータの使用上のポイント



ここまで説明で、ACサーボモータとは一体どのようなものか、また、どんな働きをするのかなどについてお分かりいただけたと思います。そこで、そのACサーボモータを実際に使用するにあたって、どのような点に注意したらよいのか、また、どのように取り扱ったらよいのかなど使用上のポイントについて説明しましょう。

負荷について

- 1 実効負荷トルク \times 安全率 < モータの定格トルク
安全率は1.2倍程度
(使用条件により異なります)
- 2 負荷トルク + 加(減)速トルク < モータの瞬時最大トルク
- 3 マイナス負荷(巻き下げ)
垂直[Z軸]の負荷 } 当社に相談してください。

負荷イナーシャについて

- 1 適用負荷イナーシャ < 適用モータロータイナーシャ $\times 5$
- 2 負荷イナーシャが大きい場合 加・減速時間が長くなります。
- 3 負荷イナーシャが大き過ぎた場合
(許容値を越えた場合)
●位置決め時にハンチングする
●回転ムラが出る
●アラームが働く(過負荷、過電圧保護)
- 4 大イナーシャの急停止および起動頻度が高い場合 別途に回生ユニットの接続が必要となります。

減速機構について



ノイズ対策について

●ノイズの侵入経路

電源ライン

信号ライン

モータ・ドライバ・ポジショナ間のフィードバック信号ライン

●対策と方法

1 電源ライン ノイズ源(溶接機、放電加工機など)と電源ラインを別にする

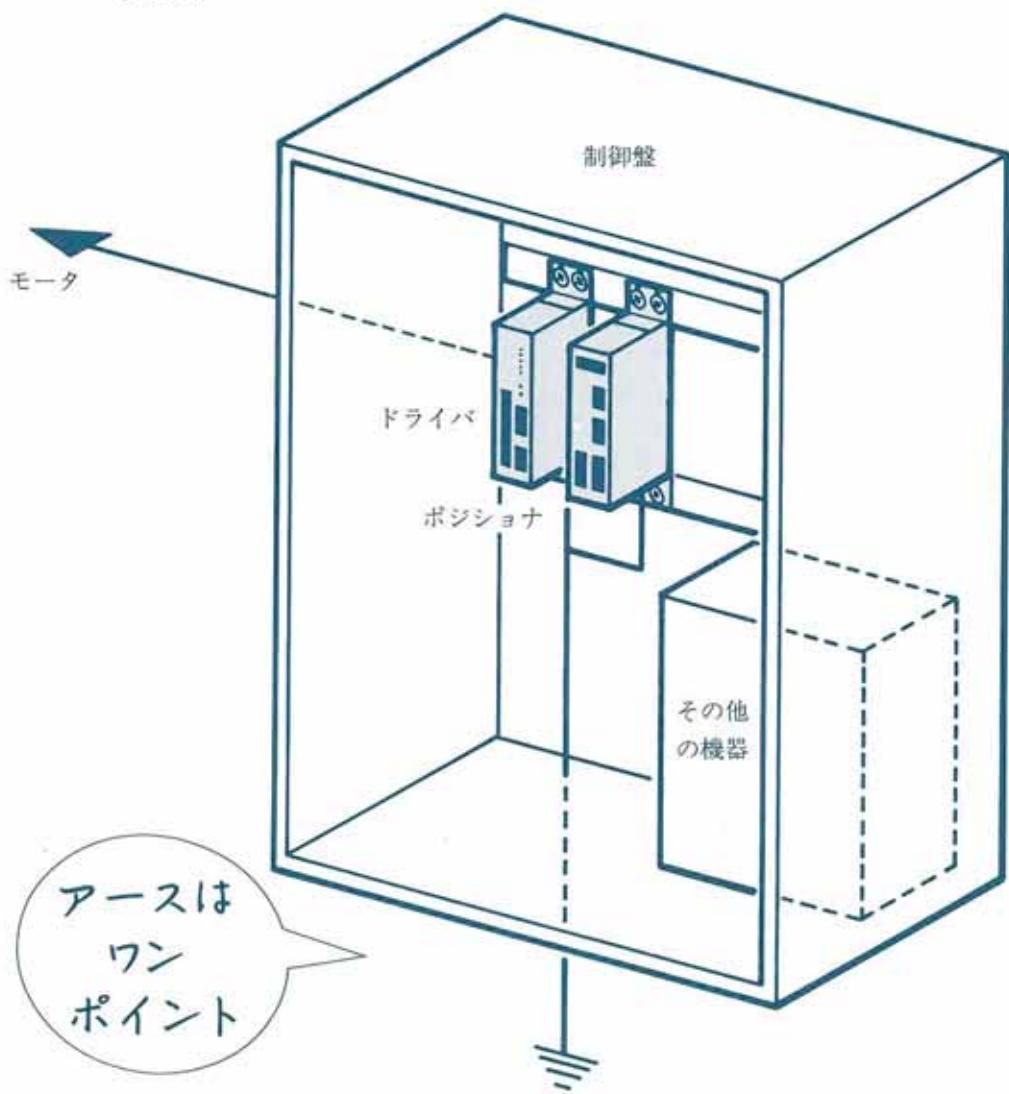
2 信号ライン[I/O] 短く 3m以内にする

ツイストペア シールド

大電流の流れる動力ケーブルから10cm以上離して配線する。

3 モータ・ドライバ間 付属のケーブルを使用する。大電流やノイズ源となるケーブルと同一ダクト、配管内を通したり一緒に結束したりせずに10cm以上離して配線する。

4 アース ドライバ、ポジショナのアース端子を 1.25mm^2 以上の電線で配線し、第3種接地以上の接地を施す。



モータの取付けについて

- 1 取付けベース** 高い精度を必要とするほど、しっかりした取り付けベースが必要です。
- 2 カップリング** 偏心量を吸収できるカップリング、または回転方向のバックラッシュ(ガタ)の無いカップリングを使用する。
※カップリングは“ゆるまない”ようしっかりと取り付けることが必要です。
- 3 出力軸の取扱い** ロータリーエンコーダを使用しているため、出力軸には衝撃を与えないでください。
- 4 アース** 必ず取り付けてください。
- 5 使用環境** 次のような環境では注意が必要です。



高温

水

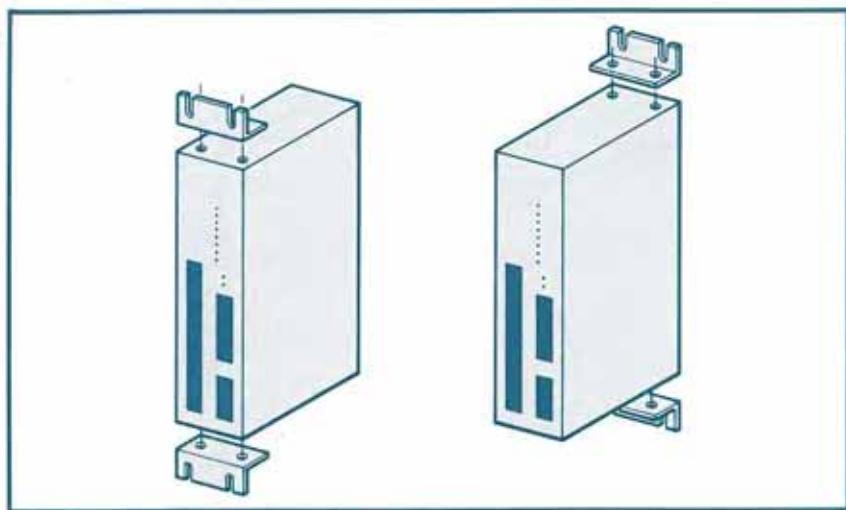
油

塵あい

振動

ドライバの取付けについて

- 1 ドライバの推奨取付け姿勢**



- 2 ドライバの通風について**

上面は10cmの空間が必要です。

制御盤内で使用する場合は、通風口を設けてください。

- 3 使用環境**

次のような環境では注意が必要です。

特に金属の破片が内部に入らないように注意してください。



高温

水

油

塵あい

振動

7. 用語解説



最後に本小冊子と BLS-E シリーズのカタログで使用されている用語で特に必要と思われるものについて簡単に説明します。
ここに載っていないものや、もう少し詳しく知りたい場合は、別途用語解説集を用意しておりますのでそちらをご覧ください。

アブソリュート	絶対値のことであり、位置決め等では原点を基準点(零)とし全てこの点からの距離を指令することをアブソリュート指令という。 ※→インクリメント
インクリメント	現在の数値(位置、速度等の)を基準とした増分量をいう。位置決め送り等では現在の位置と目標とする位置との差を指令することをインクリメント指令という。 ※→アブソリュート
パルス列	連続したパルス信号の列を指す。パルス列入力位置決め装置において入力したパルス数が送り量となりパルスの周波数が送り速度となる。
オープンループ (開ループ)	目標とする速度、位置等と実際の値との差が生じても、これを自動修正しない簡単な制御系のことをいう。
クローズドループ (閉ループ)	目標とする速度、位置等と実際の値との差が生じた場合、この差を検出して自動修正する制御系のことをいう。
ゲイシン	クローズドループなどにおいて目標と実際の信号の増幅度をいう。増幅度を変えることによって速度制御、位置制御の制御応答の速さを調節する。
トルクリップル	モータ軸のトルクの大きさに脈動が生じることをいう。この現象は機械系の振動、騒音の原因となる。
パルス分周比	検出器のパルス数を1/2、1/3……と比を変えることをいう。これによりモータ速度が2倍、3倍と変わる。俗にいう電子ギヤのことである。
パワーレート	始動後、定格出力(kW)を発揮する回転数に達するまでの早さを示し、サーボモータの特性指標である。
PWM	pulse width modulationの略。電圧などの振幅値をパルスの時間幅に変換する変調方法である。
負荷イナーシャ	モータ側から負荷側をみた機械の慣性モーメントのこと。(GD ² と同義)
ロータイナーシャ	モータ自身の慣性モーメント。(GD ² と同義)
PTP	point to pointの略。現在位置から目標位置へその経路を問わず目標位置へ移動する制御方式。 ※CP(continuous path)：経路を指定して移動する制御のこと。

神鋼電機
SHINKO ELECTRIC CO., LTD.



神鋼電機株式会社 汎用機営業部

東京本社	03-274-1135-1138	東京都中央区日本橋3-12-2 朝日ビル	T103	Fax03-278-9797
大阪支社	06-203-2247	大阪市東区北浜3-1 大阪グリーンビル	T541	Fax06-222-0300
名古屋支社	052-581-1395	名古屋市中村区名駅4-6-18 名古屋ビル	T450	Fax052-582-9667
札幌営業所	011-231-2784	札幌市中央区北三条西4-1 第一生命ビル	T060	Fax011-231-2792
仙台営業所	022-262-4161	仙台市中央1-2-2 三信ビル	T980	Fax022-262-4165
太田営業所	0276-32-2661	太田市西本町66-14	T373	Fax0276-32-2662
新潟営業所	025-247-0386	新潟市東大通1-3-1 新潟帝石ビル	T950	Fax025-243-5670
富山営業所	0764-32-4551	富山市桜橋通1-18 住友生命富山ビル	T930	Fax0764-42-2461
金沢営業所	0762-24-1710	金沢市此花町5-10	T920	Fax0762-23-3075
上田営業所	0268-25-5599	上田市大字住吉128-2 上田セントラルシティ	T386	Fax0268-24-7454
静岡営業所	0542-54-5411	静岡市日出町1-2 静岡住友ビル	T420	Fax0542-55-0732
高松営業所	0878-22-1301	高松市寿町1-2-5 朝日生命高松第2ビル	T760	Fax0878-51-8256
広島営業所	082-228-0371	広島市中区八丁堀16-11 日本生命広島第2ビル	T730	Fax082-228-0376
福岡営業所	092-441-2511	福岡市博多区博多駅前2-1-1 福岡朝日ビル	T812	Fax092-431-6773