

Q&Aコーナー

メカトロニクス的一端

技術士（機械／電気電子／建設／総合技術監理部門） 斧 良 彦



最近のメカトロニクスの進歩は目覚ましいものがあり、一昔前は夢と考えられていたものが、着々と実現してきている。メカトロニクスはメカニクス、メカニズム（機械工学、機械的な技術）とエレクトロニクス（電子工学、電気・電子的な技術）の融合技術で、和製英語です。これには更に、情報技術が深く関わっています。

メカトロニクスは、物理量や化学量を電気量に変換するセンサ技術、回転運動や直線運動などの動作をさせるアクチュエータ技術、センサとコンピュータあるいはコンピュータとアクチュエータを接続するためのインタフェース技術がその中核となり、シーケンス技術やフィードバック技術といった制御技術及びコンピュータを動かすプログラミング技術など、多くの技術から成り立っています。

今回はメカトロニクスのうち交流可変速制御{AC サーボモータ (SM) 制御}に着目してみましょう。

Q 1：メカトロニクスが現代産業発展の中心となった背景は？

Q 2：メカトロニクス化のメリットは？

Q 3：メカトロニクスのうちモータの原理は？

Q 4：三相交流誘導電動機の特長は？

Q 5：交流 (AC) サーボモータのメリットは？

Q 6：交流 (AC) サーボモータ適用の具体例は？

A1：(1) 大規模集積回路 (LSI) の性能の進歩と低価格での供給、真空管からトランジスタへの大きな変革があり、その特長は①形状の小型化②性能の向上と消費電力の低減③低価格での供給、などであり、トランジスタから LSI、さらに超 LSI への進展はメ

カトロニクス化のスピード進展へとつながりました。

(2) マイクロプロセッサ（超小型演算処理装置）の発達；超 LSI の発達に伴い、より小型化されたコンピュータが機械などにも容易に組み込まれるようになった。

(3) センサの発達と情報の利用；例えば機械式位置検出センサを半導体センサに置き換えることによって時間的な変化を電氣的信号として捕らえ、より目的に合った制御可能としました。また今まで情報として処理困難だった化学量もデータ処理可能としました。

(4) アクチュエータの開発；メカトロの進展に合わせて、電気信号駆動機器、例えばステッピングモータとか、交流ベクトル制御サーボモータなどが開発され、高精度の制御と製品が生み出されてきています。

A2：①柔軟性の向上 ②非接触化・静止機器化と高信頼化 ③小型軽量化と高信頼化 ④高信頼化・高速化 ⑤省エネルギー化 ⑥自動化・省力化

A3：フレミングの左手の法則（電流が磁界から受ける向きと、磁界と電流の向きについての原則）、左手の親指（力、F）、人差し指（磁界、H）と中指（電流、I）をそれぞれ直角に開いたとき親指の方向に力を受け、これが電動機の回転力となる。（I、Have、Force）と覚える。発電機はフレミングの右手の法則で、同じく（I、Have、Force）で、H（人差し指方向）の磁界中で、F（親指方向）に力を加えると、I（中指方向）に電流（起電力）を生じ、

発電機となる。右手（発）、左手（電）と覚える。

直流電動機は永久磁石の中の回転子コイルと電流の方向変換の整流子とブラシよりなり、回転力を生む。三相交流電動機は3相交流と3つの静止コイルによる交番磁界（回転磁界）により回転力を生ずる。

A4：幅広い電動機の種類の中で、小型特殊電動機を除くと、現場で圧倒的に多く使用されている電動機が三相誘導電動機（3ΦIM）です。これには回転子の構造により「かご形モータ」と「巻線形モータ」があるが、単にモータといえばかご形を指すほど数多く使用されています。3ΦIMの特長は①構造が簡単で堅牢②商用電源（3相 200 V）で直接駆動制御出来る③負荷変動に対して速度変動が少ない④消耗部分がなく取扱い簡単⑤安価

A5：3相交流誘導電動機の上記のメリットに対し、速度制御を要するものについては、直流（DC）電動機や巻線形電動機が使われてきたが、構造が複雑となりメンテナンスに苦勞する難点があったが、近年のエレクトロニクスの進歩により、インバータ制御、なかでもベクトル制御の開発適用により直流電動機同様の速度制御性能と同等又はそれ以上の性能を発揮出来る様になり、可変速制御の適用範囲を大きく拡大してきつつある。AC、DCSMの特長を下記に示す。

	DCSM	SM形 ACSM	IM形 ACSM
長所	・停電時の発電制御可能 ・コントローラの構成が簡単 ・小容量ではローコスト ・高パワーレート ・コアレスタイプはコギングトルクがない	・メンテナンスフリー ・耐環境性格で優れている ・高速・大トルク可能 ・停電時の発電制御可能 ・小型・軽量・高パワーレート	・メンテナンスフリー ・耐環境性格で優れている ・高速・大トルク可能 ・大容量にて効率が良い ・構造が堅牢である
短所	・整流子回りの保守が必要 ・整流面より、高速・大トルクでの使用不可 ・磨耗粉が発生	・自起動機能がない ・モータとコントローラ1対1の対応が必要 ・コントローラがやや複雑	・小容量では効率が悪い ・温度に対して特性が変わる ・停電時の制動が不可 ・コントローラがやや複雑

短所克服技術	・ブラシレス（DCSM）	（注：SM形；同期電動機形）	・センサレスベクトル制御 ・オートチューニング機能 ・高キャリア周波数PWM方式
--------	--	----------------	--

A6：具体的適用例としては、ポンプ、ファン、ブロワなどの省エネルギー用途、コンベア、台車、昇降機、ラック搬送などの自動化・省力化用途、旋盤、研削盤などの金属工作機械、プレスなどの金属加工機械や車両、エレベータ、鉄鋼プロセスライン、製紙加工機械、フィルム、電線、ゴム製造設備などに至るまで広範多岐に適用が進んでいる。ここで水力発電所への適用例を紹介しします。

水力発電所の水車入力制御部分であるガイドベーン用圧油式調速機に操作用圧油システム（圧油ポンプ、集油タンク、配管一式）が使用されるが、圧油式サーボモータ（SM）は種々の難点を有する。

①圧油黒化現象②油劣化に基づく粘着力増加による調速機パイロットバルブの固着、制御不能③配管切削くずによるパイロットバルブ制御不能④圧油制御調速機システムの局部共振現象による配管破断、油流出事故⑤配管工事後のフラッシング作業（1週間～10日間の徹夜作業）による疲労増大、漏油等による建設時の建家汚損⑥システムの占有面積、体積の大きさ⑦油保管による火災危険の増大、等

これらの種々の難点を克服するために AC ベクトル制御 SM を採用して上記難点を克服した。採用に当たっては、圧油 SM システムの過去のトラブル、事故例（社内、国内、海外）を分析し、新型機採用による事故、トラブル発生予防に努めた。本採用により上記事故、トラブルの大幅減少、山奥への出向減少、コストダウン、信頼度向上を実現出来た。