

## カラーで見る今月の特集

今月の特集記事では、物体を動かすシステムの要であるモータの制御手法について、最近の話題を取り入れながら基礎から解説していく。また、特集関連記事として、私たちの身近にある家電製品で用いられているモータの制御手法についても紹介する。

本題に入る前に、まずは今月の特集の内容を一通り見ていく。

(編集部)

### 第1章 システムの設計手順とモータの基礎知識 (イラスト)

もし、いきなりモータを使ったシステムを設計することになったら、一体、何から手を付けますか？



イラスト ある日、突然、モータを回せと言われたら…

電子回路設計、ソフトウェア設計、機械設計が必要なシステムを開発するためには？(⇒第1章)

モータを使ったシステムを設計する際には、ハードウェア(電子回路)設計とソフトウェア設計はもちろんのこと、機械の部分の設計(機構設計)も必要になってきます。この三つの要素がうまく連携して、はじめてシステムを期待どおりに稼働させることができます。

第1章では、モータを使ったシステムを設計するときの一般的な手順について解説します。また、「モータ」と聞いたときに、どのようなモータを想像しますか？ ステッピング・モータや、ミニ四駆などの玩具に使われているマブチモーター製のものを想像する人も多いことでしょう。これ以外にも、実際に使用されているモータには「永久磁石同期モータ」や「ブラシレス DC モータ」など、いくつもの種類のモータがあります。そして、モータを使ったシステムを設計する際には、このモータ選びが重要になってきます。

そこで、モータについて調べるうえで、必要最小限、知っておいたほうがよい事柄についても紹介します。

### 第2章 永久磁石同期モータのしくみ (写真1, 写真2)

第2章では、モータのしくみについて解説します。一般的な

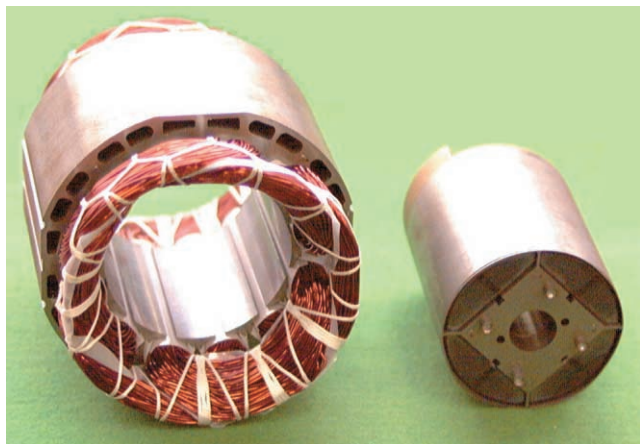


写真1 永久磁石同期モータの中身(I)

分布巻き固定子と埋め込み型非突極回転子(フェライト磁石)。モータは、電気的エネルギーを力に変換するエネルギー変換システム。その原理は？(⇒第2章)

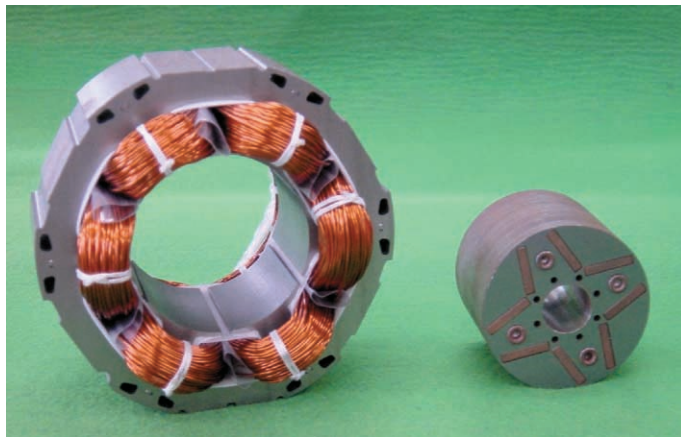


写真2 永久磁石同期モータの中身(II)

集中巻き固定子と埋め込み型突極回転子(ネオジ磁石)。インバータ制御の家電には、このような永久磁石同期モータが使われている



写真3 山洋電気のサーボ・モータとサーボ・アンプの一例

市販のモータにはどのようなものがある？ (⇒ Appendix1)

モータのしくみの解説は、多くの書籍でなされているため、ここではモータを「電氣的エネルギーを力に変換するエネルギー変換システム」ととらえて解説します。

例として、省エネルギー(高効率なエネルギー変換)の要求が厳しい家電製品の分野などで多く使われている永久磁石同期モータを取り上げます。ちなみに、これを非正弦波で駆動したものは「ブラシレス DC モータ」とも呼ばれています。

永久磁石同期モータは、みなさんの身近にあるエアコンや冷蔵庫など、インバータ制御で稼動する家電製品で多く使われています。いかに効率よくエネルギー変換を行うためにどうやって制御するのかについては、特集関連記事「低コスト/省エネルギー/静音化時代のセンサ“レス&レス”制御技術」をご覧ください。

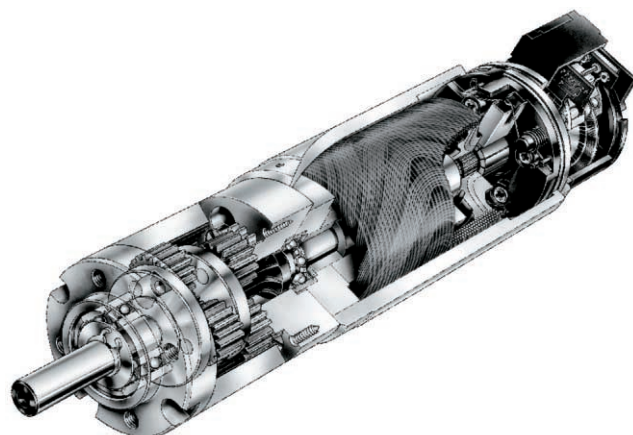


写真4 マクソン社のモータの内部

ギアとエンコーダを内蔵しているマクソン社のモータ。数あるモータの中からシステムに適したものを選ぶポイントは？ (⇒ Appendix2)

## Appendix1 ~ 2

- 山洋電気のサーボ・モータ&ステッピング・モータ
- ギア&エンコーダ内蔵のマクソン・モータ

(写真3, 写真4)

Appendix1 ~ 2では、実際にどのようなモータが市販されているのかを見ていきます。モータのメーカーはたくさんありますが、そのなかでも CPU ファンでもおなじみの山洋電気の製品と、ロボットなどによく使われているマクソン社の製品ライン



写真5 第3章、第4章の筆者が開発に関わったロボット(バギー車両/遠隔操作ロボット・アーム)

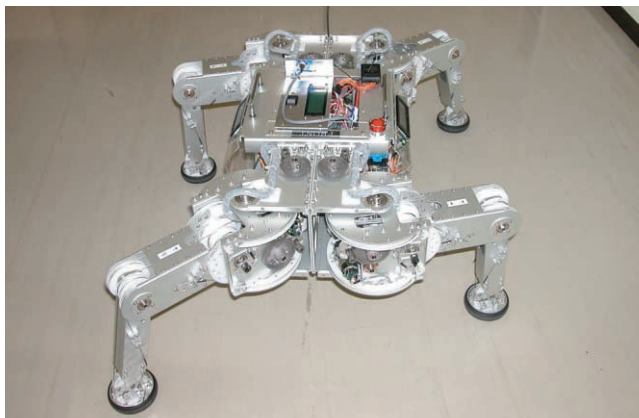
合計 11 個のモータを搭載。モータの制御には、古典的ではあるものの、今でも広く一般に使われている PID 制御を用いている (⇒ 第3章)



写真6 第3章、第4章の筆者が開発に関わったロボット(クローラ型アーム搭載ロボットの例)

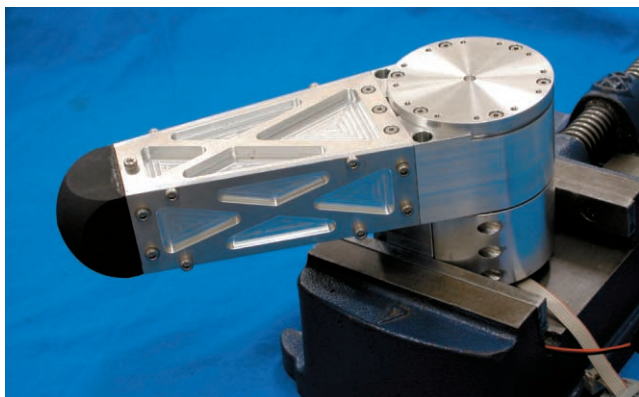
合計 9 個のモータを搭載。このロボットのモータも PID 制御を採用。PID 制御の歴史は古く、概念自体は 1922 年に Minorsky 氏が発想。1942 年の Ziegler 氏と Nichols 氏の PID パラメータの最適調整法の完成をきっかけに広く普及した





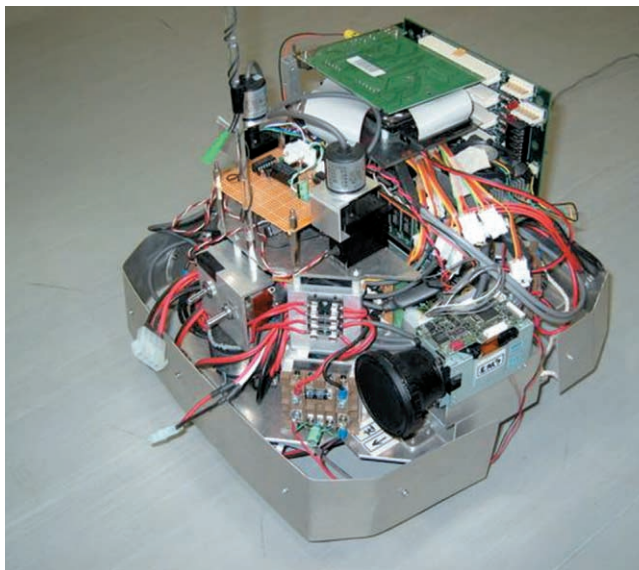
**写真7** 第3章、第4章の筆者が開発に関わったロボット(歩行ロボット)

関節駆動用に90[W]電動ドリルDCモータ×12個、足首駆動用に小型DCモータ×4個を搭載。これらのモータもやはりPID制御で動いている



**写真8** 1リンク・アーム

たとえば、このアームに適したモータを選ぶ際には、こういったことを考慮する必要があるのだろうか？(⇒第4章)



**写真10** RTLinuxを搭載した車輪型移動ロボット「Quick II」

第5章では、このロボットのモータ制御部を詳細に見ていく

ナップを例に見ていくこととします。

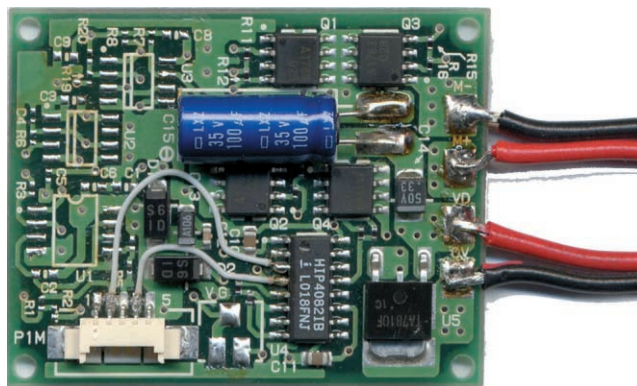
また、さまざまな製品ラインナップの中からシステムの要求にあったモータを選ぶためのポイントについても紹介していきます。

### 第3章 実践的PID制御入門

(写真5, 写真6, 写真7)

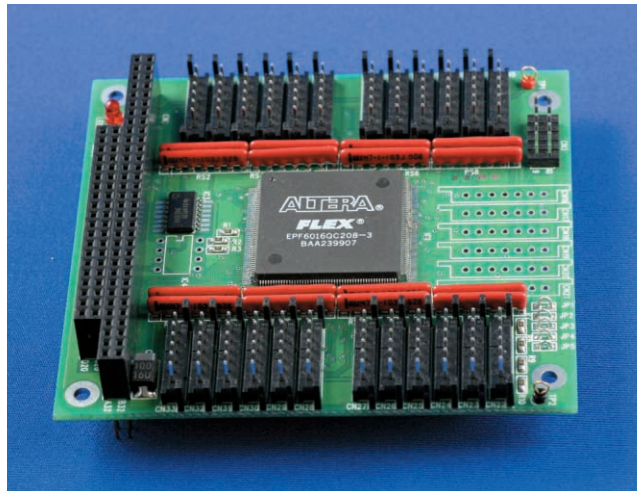
第3章では、制御の基本中の基本ともいえるPID制御について解説します。PID制御は、古典的な手法ではあるものの、今でも広く一般的に用いられています。筆者が開発に関わったロボット(写真5, 写真6, 写真7)のモータ制御にもPID制御が用いられています。

「P」「I」「D」の三つのうち、「P」だけの制御であるP制御の性



**写真9** モータ・ドライバはソフトウェア・サーボが主流に

モータ・ドライバは、制御則をOPアンプなどの電子回路で構成するのではなく、マイコンやDSPで実装するソフトウェア・サーボが主流になっている(⇒第4章)



**写真11** Quick IIで使用されているFPGAを使用したI/O基板

Quick IIの開発では、インターフェース部分の改造が頻繁に生じることが見込まれたため、ユーザが自由にデジタル回路をプログラムできるFPGAを使用してI/O基板を作った。第5章では、モータ制御に必要な、こういった部品の一つ一つを詳細に見ていく

能限界や、応答波形によるゲイン・チューニングの手法など、教科書ではなかなか解説されることのない部分まで述べていきます。

#### 第4章 モータの選定とサーボ機構の設計手法 (写真8, 写真9)

期待どおりにモータの回転を制御するためには、サーボ機構を設計する必要があります。また、サーボ機構を設計するためには、モータに要求される条件を吟味し、これを満たすモータを選定する必要があります。

第4章では、このときに必要となってくる諸パラメータの計算法から、**写真8**の1リンク・アームを例にしたモータの選定方法について解説します。また、最近の主流であるソフトウェア・サーボ(**写真9**)についても紹介します。

#### 第5章 システム中で移動するモータ制御部ののぞき見る (写真10, 写真11)

第5章では、実際に移動しているシステムのモータ制御部がどうなっているのかについて見ていきます。

例として、市販のPC/ATボードとFPGA、OSにRTLinuxを用いた車輪型移動ロボット「Quick II」(**写真10**)のモータ制御部を取り上げます。

Quick IIには一体、どのような電子部品が使われており、それはどういうしくみになっているのか。また、どのようなプログラムで動いているのかを詳細に説明します。

#### 特集関連記事

##### 低コスト/省エネルギー/静音化時代のセンサ“レス&レス”制御技術

(写真12, 写真13)

家電製品の開発では、低コスト、省エネルギー、静音など、さまざまな要求を満たさなければなりません。ここでは、家電製品(**写真12**)の中で稼働しているモータの制御手法として広く用いられている「インバータ制御」について、最近の業界動向も含めながら解説していきます。さらに、筆者らが開発した位置センサとモータ電流センサの二つを削減できるセンサ“レス&レス”手法についても述べます。

最後に、このインバータ制御を実際に試すことのできるキッ



写真12 この掃除機のモータ制御部はどうなっているのか

低コスト、省エネルギー、静音が求められている家電のモータ制御部には、どのような技術が用いられているのだろうか？(⇒特集関連記事)

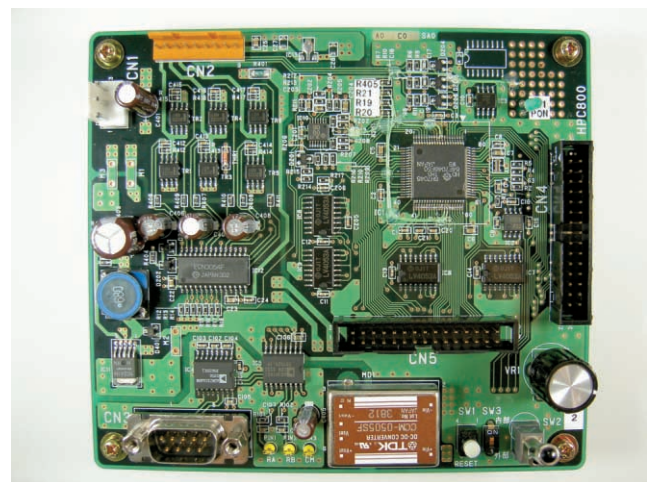


写真13 センサ“レス&レス”を試してみよう

インバータ制御を実際に試すことのできる評価ボード(⇒特集関連記事のAppendix)

ト(**写真13**)も紹介します。

#### それでは…

“動く”システムに欠かせないモータの制御について、基礎から学んでいきましょう。

新コア BOOKS シリーズ5

好評発売中

## DC モータ活用の実践ノウハウ

ビギナーのための制御回路設計入門

谷腰 欣司 著

A5判 240 ページ

定価 2,310 円(税込)

ISBN4-7898-3277-5

CQ出版社 〒170-8461 東京都豊島区巣鴨 1-14-2 販売部 TEL.03-5395-2141 振替 00100-7-10665