

【第6章】

直流モータを動かしてみよう

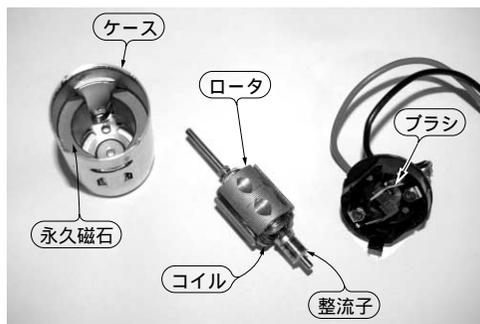
小型・軽量・高出力の直流モータを使いこなせるか？

乾電池をつなぐと動き出す直流モータは、玩具や模型に広く使われています。小型で高出力という特徴をもつ直流モータを使いこなすことができれば、様々なマイコン機器を開発できるようになります。本章では、直流モータを動かすためのAVRマイコン回路を製作します。さらに、マイコンによる直流モータの回転数制御を行います。

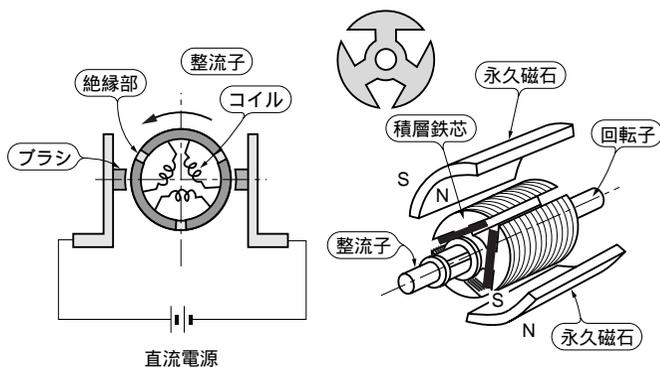
6.1 直流モータの特徴と構造

直流モータは小型・軽量で高出力という特徴があります。また、小型の模型用直流モータは、乾電池などの直流電圧を与えれば簡単に動かすことができるので、電子機器工作にとっても重宝するアクチュエータです。

図6.1に直流モータの構造を示します。直流モータは、ケースの内側に永久磁石が固定されています。そして、その内部に回転子(ロータ)があります。回転子には、複数のコイル(電磁石)が巻かれ、整流子につながられています。整流子はブラシを介して供給される電流の方向を切り替えて、常に一定方向に回転させるために働きます。



(a) マブチRS-380PHの内部構造



(b) 直流モータ内部の概要

図6.1 直流モータの構造と原理



写真6.1 模型用直流モータの外観(マブチモーター製)

表6.1 模型用直流モータの仕様(マブチモーター製)

仕様	型名	FA-130	RE-140	RE-260	RE-280	RS-380PH	RS-540SH
限界電圧 [V]		1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	12.0	12.0
適正電圧 [V]		1.5	1.5	3.0	3.0	7.2	7.2
適正負荷トルク [mN·m (gf·cm)]		0.39 (4.0)	0.49 (5.0)	0.98 (10.0)	1.47 (15.0)	9.8 (100)	19.6 (200)
無負荷回転数 [rpm]		8600	7700	11600	8800	16400	15800
適正負荷時の回転数 [rpm]		6400	5400	8900	6600	14200	14000
適正負荷時の消費電力 [A]		0.5	0.55	0.70	0.65	2.9	6.0
シャフト径 [mm]		2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	3.17

写真6.1は、電子機器工作によく使われるマブチモーター社製の小型直流モータです。表6.1にそれらの仕様を示します。これらの直流モータの消費電流は0.5～6A程度であり、AVRマイコンの出力端子から直接電流を流すことはできません。次節では、トランジスタや専用ドライバ素子(駆動素子)を使って、直流モータのマイコン制御を行います。

6.2 トランジスタを使って直流モータを動かす

マイコンを使って直流モータを動かす場合、大電流を流すことができるトランジスタを使用することがあります。以下、そのAVRマイコン回路を紹介します。

(1) トランジスタの種類と特徴

トランジスタには様々な種類があります。詳細については省略しますが、トランジスタ内部の半導体接合の配列構造から、NPN型とPNP型と呼ばれる形式に分類できます(図6.2)。以下で紹介するAVRマイコン回路ではNPN型トランジスタを使用します。トランジスタには3本の端子があり、それぞれ、コレクタ(C)、ベース(B)、エミッタ(E)という名称が付けられています。



ヒント

モータの性能を発揮するのに最も適した負荷を「適正負荷」、最も適した電圧を「適正電圧」という。



ヒント

二つのトランジスタのコレクタを共通とし、最初のトランジスタのエミッタを次のトランジスタのベースに直列に接続する形態をダーリントン接続という。このように接続することで、トランジスタの性能(電流増幅率)を大幅に上げることができる。

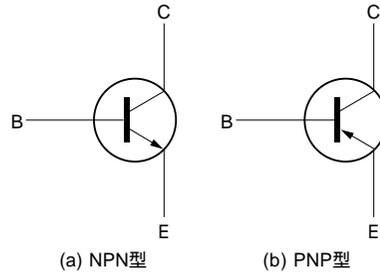


図6.2 トランジスタの形式と端子の名称

トランジスタの機能の一つとして、図6.3に示すスイッチ機能があります。ベース-エミッタ間に微小電流(ベース電流)を流すと、コレクタ-エミッタ間にも電流が流れるようになります。ベース電流を切ると、コレクタ-エミッタ間の抵抗が大きくなり、電流がほとんど流れなくなります。この特徴を利用することで、トランジスタをスイッチとして利用できます。

トランジスタは、定格電流の違いによって、様々な形式・形状のものがあります。以下では、ダーリントン・トランジスタと呼ばれる大電流を流すことができる形式を使用します。写真6.2にダーリントン・トランジスタの外観、表6.2に主なスペックを示します。これらのダーリントン・トランジスタのベース-エミッタ間には最大で50~100mA

Column ... 6.1

直流モータと交流モータ

モータには、乾電池やバッテリー(蓄電池)のような直流電源を使用する直流モータと家庭用コンセント(100V)に代表されるような交流電源を使用する交流モータがあります。これらのモータは、その大きさや構造、制御方法が様々なため、一概に性能を比較することはできません。以下、それらの代表的な特徴を説明します。

直流モータは、与える電圧に応じて回転数・出力を制御できるため、とても扱いやすく、しかも、低速でのトルクが大きく、応答性が高いという特徴があります。そのため、小型機械やバッテリーを使用する機械の原動機として広く使われています。しかし、交流モータと比べて価格が高く、ブラシという消耗部品が存在するため、信頼性に問

題があります。写真6.Aに示す交流モータは、価格が安く、大型化・大出力化が容易であるという特徴があります。そのため、工作機械をはじめとする産業分野の汎用モータとして広く使用されています。



写真6.A 産業用交流モータ(出力7.5kW)

の電流を流すことができます。AVRマイコンの出力電流は約20mAなので、AVRマイコンの出力端子を直接、TIP110やBD677などのトランジスタに接続することで、適切に機能させることができます。

(2) 直流モータを動かす AVR マイコン回路

図6.4に直流モータを動かす AVR マイコン回路を示します。基本構成は、今までに紹介してきたマイコン回路と同じです。AVRマイコンの出力端子PB₀をトランジスタTr₁に接続し、直流モータをつないでいます。すなわち、PB₀の信号が出力されると、トランジスタTr₁のベース-エミッタ間に電流が流れるため、コレクタ-エミッタ間が接続された

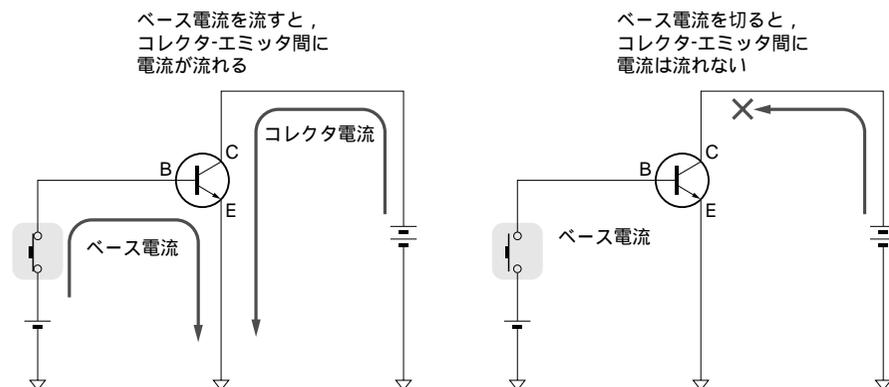


図6.3 トランジスタのスイッチ機能

Column ... 6.2

直流モータの基本特性

直流モータは、与える電圧とトルク(負荷)によって、得られる回転数や出力が変わります。直流モータに一定の電圧を加えた場合の基本特性は、図6.Aに示すように、横軸にトルク T [Nm]、縦軸に回転数 N [rpm]、入力電流 I [A]および出力 P [W]などを表記したグラフで表されることがあります。

このように、トルク(負荷)を増やしていくに従って、回転数が直線的に下がっていくことや、入力電流が直線的に増えていくことがわかります。また、出力 P [W]は、

$$P = 2 \cdot T \cdot \frac{N}{60}$$

の関係式から求められるので、ある回転数で極大値をもつことになります。

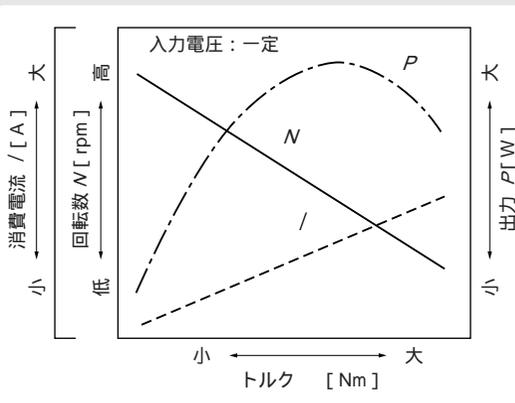


図6.A 直流モータの基本特性