

Report on the Experiment

No. 17

Subject 直流モータの特性実験

Date 2019. 12. 2

Weather 晴れ Temp 18.5 °C Wet 70 %

Class	E3	
Group	2	
Chief		
Partner	井上	隆治
	木下	拓真
	重見	達也
	DANDAR	TUGULDUR

No	15
Name	小畠 一泰

Kure National College of Technology

1 目的

直流モータの無負荷特性実験や制動特性実験, また H ブリッジ回路実験を行うことで, 直流モータの基本的動作原理と特性, 使い方について理解することを目的とする.

2 使用器具

1. E_M : 直流定電圧電源 (PR18-3A または PD36-10AD) MJ000116
2. V : 直流電圧計 (10V) (管理番号 7)
3. I_a : 直流電流計 (1A) (管理番号 45)
4. SW: 2 連切換スイッチ (2 個)
5. DSO: デジタルオシロスコープ (RIGOL DS1102E)
6. R_M : 多段並列抵抗器 ($10 [\Omega] \times 5$, $20 [\Omega] \times 5$)
7. N: 光学式回転計 SO34052
8. 供試直流モータ: 標準機 (60 ターン巻), 試験機 (90 ターン, 120 ターン)
9. ユニバーサルジョイント: 回転速度測定用 (3.2 用)
10. 真鍮製歯車: 青銅特性測定および H ブリッジ実験用 (3.3 および 3.4 用)
11. ヘキサゴンレンチ

3 実験方法

3.1 直流モータの無負荷特性測定

1. 図 1 に示す取り付け台に測定する直流モータを取り付けた後, ヘキサゴンレンチを使ってユニバーサルジョイントを出力軸に取り付けた.
2. 適切な直流定電圧電源を用いて 図 3 の測定用回路の結線を行った. この後, SW はすべて 図 2 の 2 連切換スイッチを使用した.
3. SW を閉じて直流モータを起動した. 測定範囲の上限値に電圧を設定した後, SW を開き測定を開始した. 各電圧において, 電流値および回転速度を測定した. なお, 標準機 60 ターン巻については負側 (直流モータのみ極性を変える) の無負荷特性も

測定するので、その際の回転速度を $N < 0$ とすること。

4. 測定結果を 表 1, 2, 3 に記入していき、終了後に次の担当者と交代した。グループ全員が終了後に、電圧を横軸に、電流と回転速度を縦軸に無負荷特性のグラフを作成した。

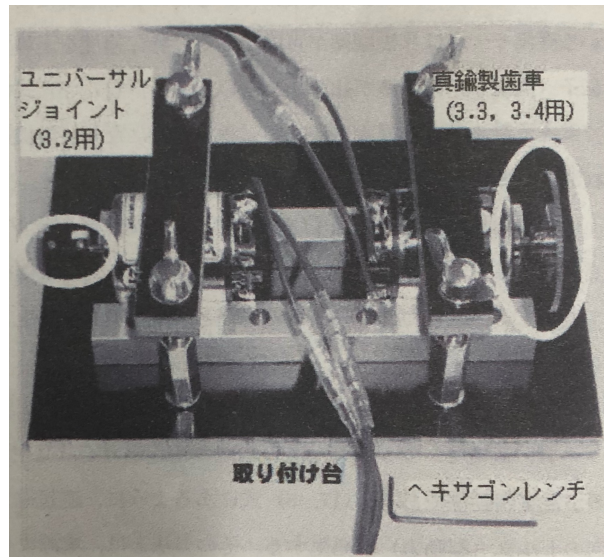


図 1: 直流モータの取り付け台

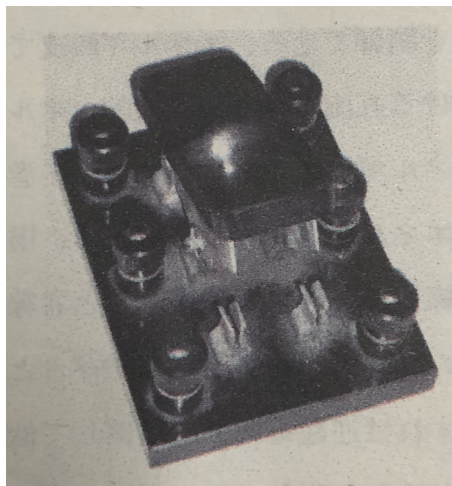


図 2: 2 連切替スイッチ

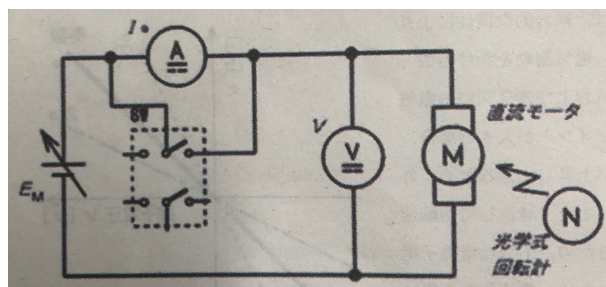


図 3: 無負荷特性測定回路

表 1: 直流モーターの無負荷特性 (60 ターン)

電圧 V [V]	電流 I_a [A]	回転速度 N [rpm]
8.0	0.720	7799.0
7.0	0.710	6795.0
6.0	0.710	5795.0
5.0	0.710	4796.0
4.0	0.710	3790.0
3.0	0.680	2795.0
2.0	0.620	1820.0
1.0	0.512	858.2
0.0	0.000	0.0
-1.0	-0.508	-866.1
-2.0	-0.592	-1866.0
-3.0	-0.640	-2876.0
-4.0	-0.675	-3940.0
-5.0	-0.696	-5012.0
-6.0	-0.710	-6105.0
-7.0	-0.715	-7218.0
-8.0	-0.720	-8307.0

表 2: 直流モーターの無負荷特性 (90 ターン)

電圧 V [V]	電流 I_a [A]	回転速度 N [rpm]
8.0	0.425	5261.0
7.0	0.400	4594.0
6.0	0.386	3911.0
5.0	0.375	3228.0
4.0	0.360	2545.0
3.0	0.347	1876.0
2.0	0.329	1204.0
1.0	0.315	542.5
0.0	0.000	0.0

表 3: 直流モーターの無負荷特性 (120 ターン)

電圧 V [V]	電流 I_a [A]	回転速度 N [rpm]
8.0	0.305	3906.0
7.0	0.301	3397.0
6.0	0.295	2894.0
5.0	0.285	2394.0
4.0	0.275	1890.0
3.0	0.270	1389.0
2.0	0.255	903.8
1.0	0.300	390.2
0.0	0.000	0.0

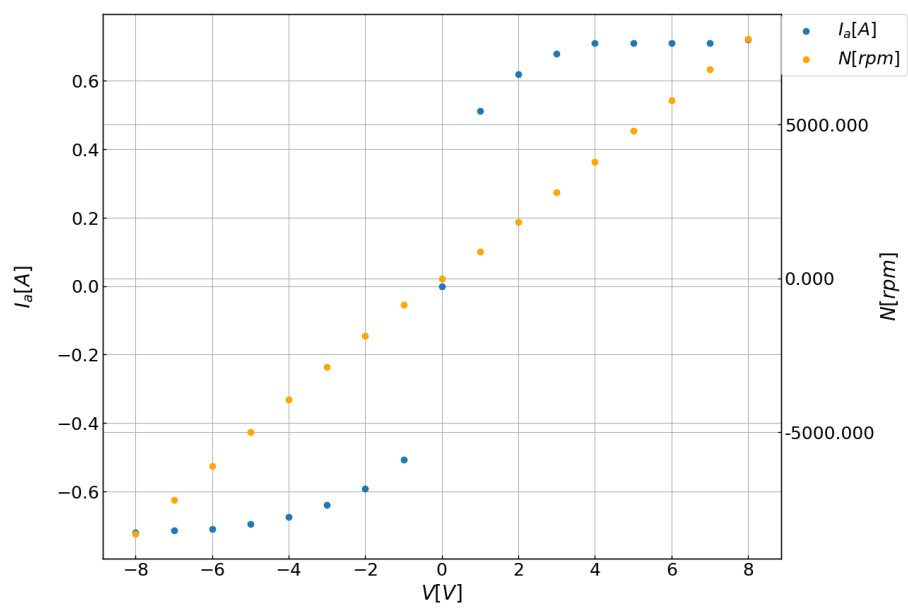


図 4: 60 ターン

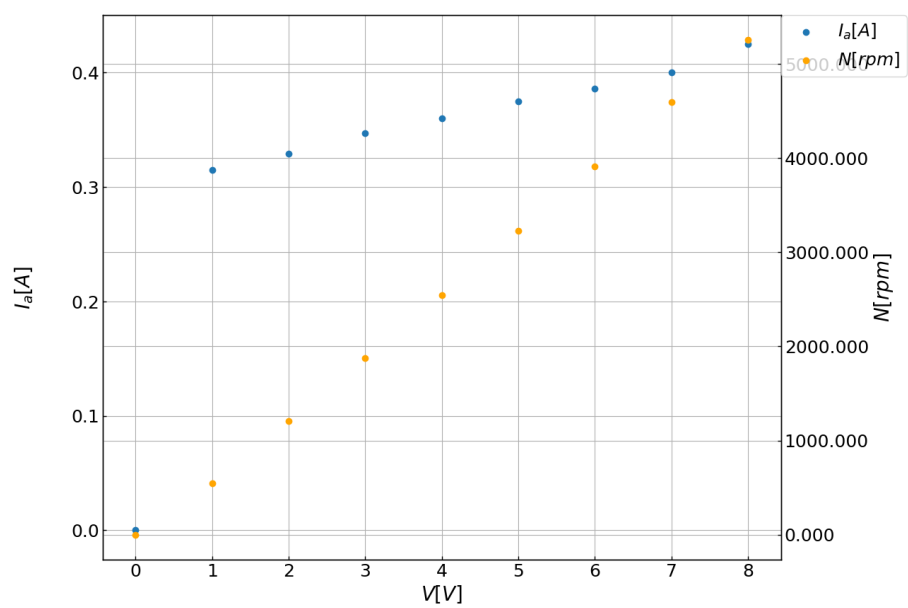


図 5: 90 ターン

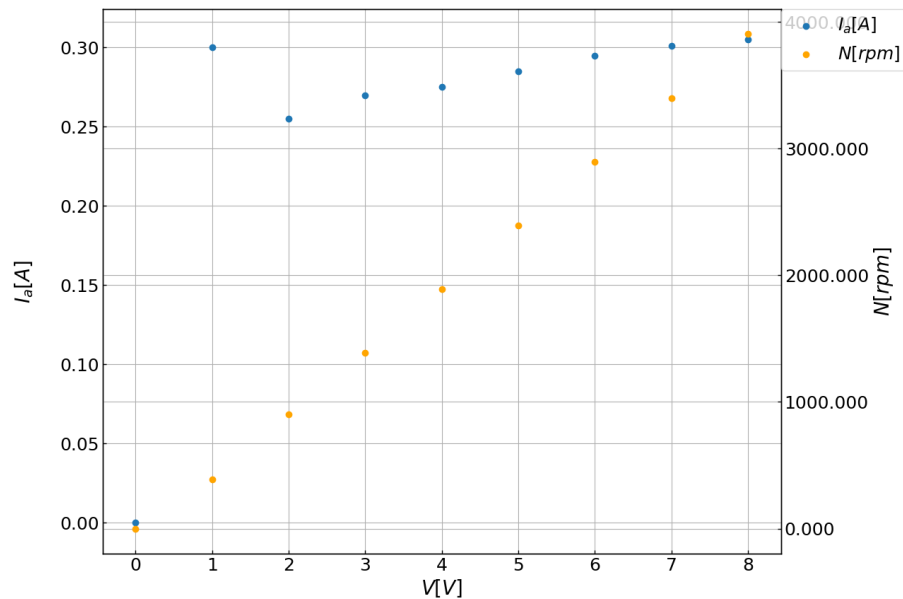


図 6: 120 ターン

3.1.1 直流モータの制動特性測定

1. 直流定電圧電源 PR18-3A, 標準機 (60 ターン巻) を用いて, 図 7 に示す回路の結線を行った. 結線が終わったら標準機の実出力軸に, はずみ車として真鍮製歯車を取り付けた.
2. 電圧を 8V(電源側電圧計でよい) に調整した後, SW を図中左側に閉じて直流モータを起動した. 回転が安定したらデジタルオシロスコープ (DSO) にて波形測定準備に入った.
3. まず, 多段並列抵抗器のスイッチをすべて開いた. DSO は Ch1 のみを使用し, TRIGGER の MENU を開いてモードをエッジに, トリガモードは単発に設定後, HORIZONTAL POSITION ツマミにて T の位置を 2 目盛目に合わせた. 波形測定準備中に勝手にトリガが始動する場合, TRIGGER の LEVEL ツマミにてトリガレベルを上げるか, 多段並列抵抗器と並列に 200 $[\Omega]$ 程度の抵抗器を接続した.
4. SW を図中右側に瞬時に閉じると, 制動時に発生する誘導起電力波形 DSO に表示された. 適切な表示となる様に縦横軸の SCALE ツマミ調整し, この後 SCALE はいずれも変更しない. 停止までの波形が極力画面全体に収まるようにしたところで, 電気制動無し ($R_M = \infty$) の画像として波形を取り込んだ.
5. 担当者を交代した後, 多段並列抵抗器のスイッチを全部閉じて (4) と同様に波形測

定を行い, その波形を電気制動最大 ($R_M = 1.33 [\Omega]$) の画像として波形を取り込んだ。

6. 再度交代するなどして, 多段並列抵抗器のスイッチの組み合わせを変えて波形測定を行い, ($R_M = xx [\Omega]$) の画像として 2 つ以上波形を取り込んだ。

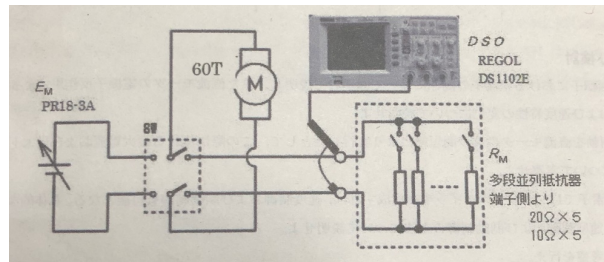


図 7: 直流モータの制動特性測定回路

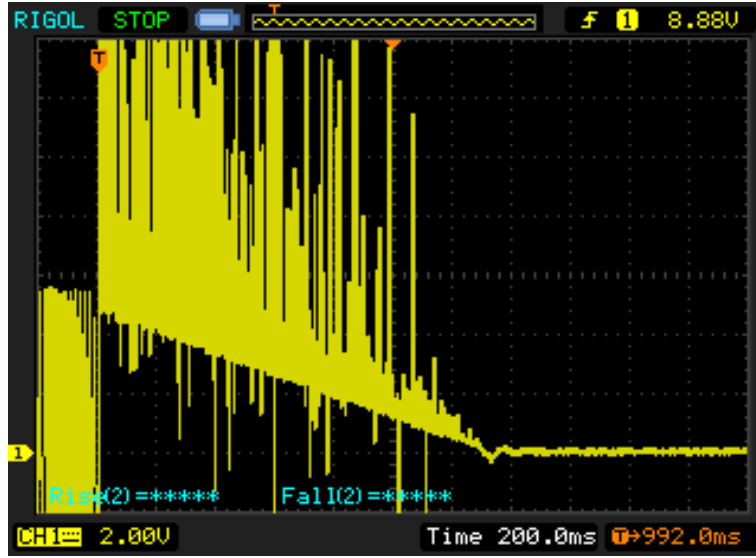


图 8: $R_M = \infty$

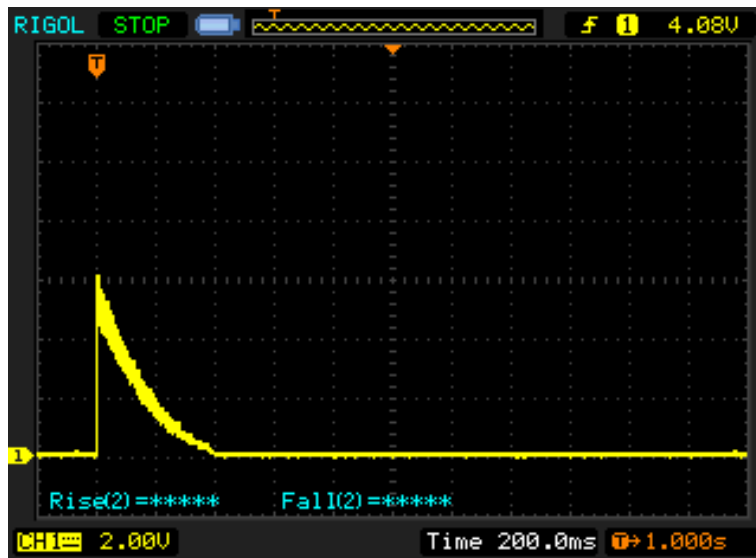


图 9: $R_M = 1.33 \text{ } [\Omega]$

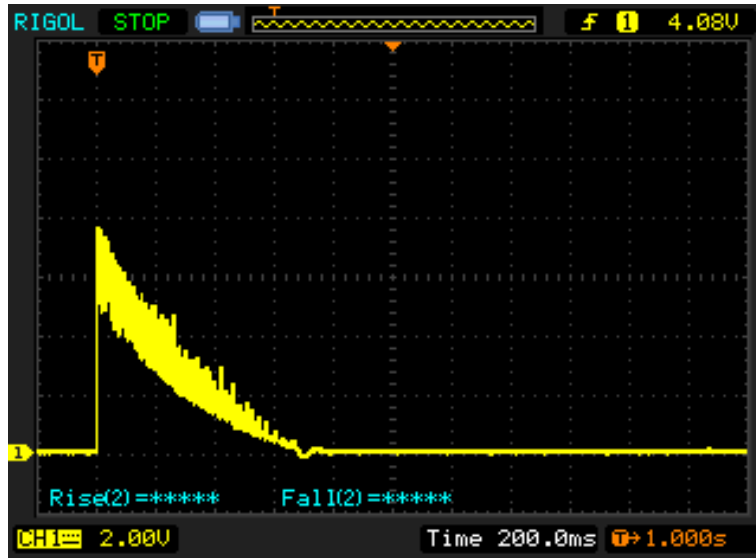


図 10: $R_M = 0.25 \text{ } [\Omega]$

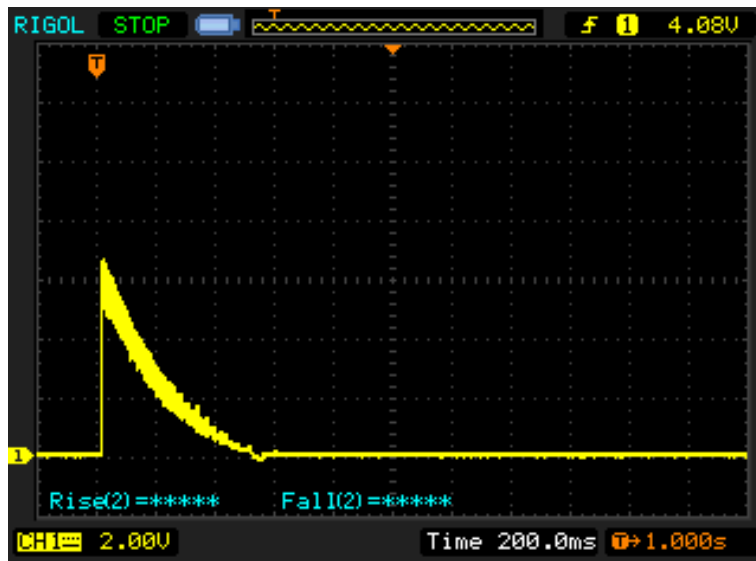


図 11: $R_M = 0.5 \text{ } [\Omega]$

3.1.2 H ブリッジによる直流モータの制御実験

2 連切換スイッチ 2 個による H ブリッジ回路により, 直流モータの正逆転, 制動を制御する実験を行った.

1. 直流定電圧電源 PR18-3A, 標準機 (60 ターン巻) を用いて, 図 12 に示す回路の結線を行った. 標準機の出軸には真鍮製歯車を取り付けたままにしておいた.
2. 2 連切換スイッチの 1 系統を 1 つの切換スイッチではなく, 2 つのスイッチとして SW1 および SW2 として実験した. (両者 off 状態は接点に触れない様に中立とする.)
3. 表 4 を作成し, 表のすべての状態を試行して, その結果を表中に記入した. 直流モータが起動しない場合は off を, 起動した場合にはその回転方向により CW(Clock Wise) CCW(Counter Clock Wise) を記入する. なお, 回転方向はモータ側から歯車を見た際の回転方向をいう.
4. CW および CCW の運転状態から制動状態 B(Brake) になるスイッチ状態を試行し, 制動状態が確認できれば CW-B, CCW-B を記入して表 17.2 を完成させる. スイッチの状態変化にのみ可能となる場合, on \rightarrow off を該当するスイッチの状態欄に記入した.

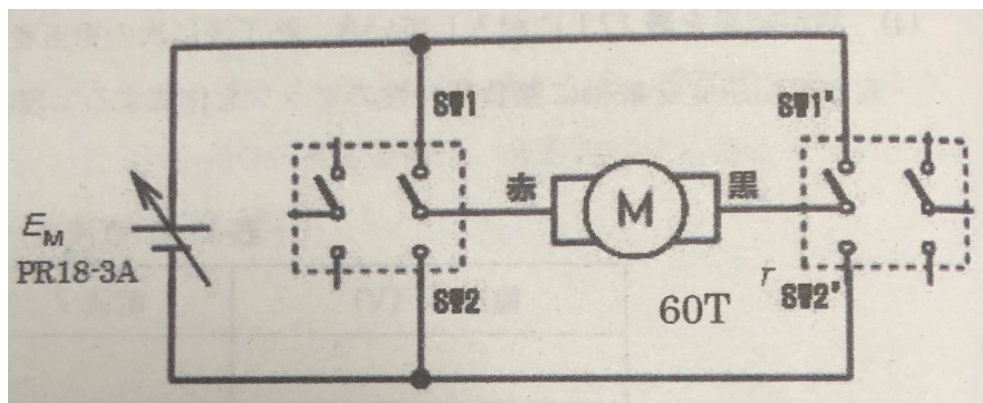


図 12: H ブリッジ回路

表 4: H ブリッジの状態と直流モータの動作状態

SW1	SW2	SW1'	SW2'	モータの動作状態	止まる条件
OFF	OFF	OFF	OFF	動かない	
OFF	OFF	OFF	ON	動かない	
OFF	OFF	ON	OFF	動かない	
OFF	ON	OFF	OFF	動かない	
OFF	ON	OFF	ON	動かない	
OFF	ON	ON	OFF	反時計回り	SW1 or SW2'
ON	OFF	OFF	OFF	動かない	
ON	OFF	OFF	ON	時計周り	SW2 or SW1'
ON	OFF	ON	OFF	動かない	

4 考察及び検討

1. 3 極回転子における整流子の働きについて図示して説明し、また直流モータの電機子反作用によって生ずる整流作用および速度特性の変化について説明せよ。

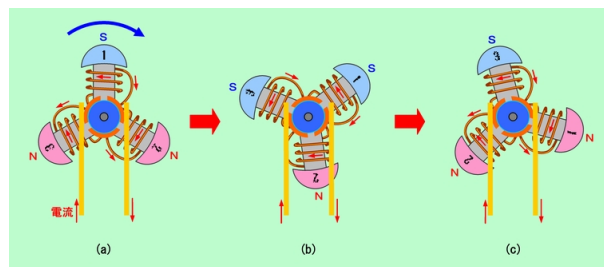


図 13: 3 極回転子の動作

- 各極に巻かれたコイルの両端は、それぞれ隣り合った整流子片に接続されている。ローターの回転につれて各極の極性が図 13 のように変化し、常に 3 つの内の 2 つが同じ極性で、残りの 1 つが逆の極性になる状態が作られる。このように、3 極ローターでは少なくともどれかの極はフィールドに対して斜めの位置に来るため、ローターがどの位置にいても必ず回転力が働く。
2. 電気制動を直流モータの端子間短絡により実行したとして、この際に流れる最大電流および最大トルクを計算する方法について考察せよ。
モータの抵抗成分は端子間を短絡していることから $0 [\Omega]$ である。そのため結線や計測機器の抵抗を除いたものからオームの法則を用いて最大電流を計算できると考える。
また、トルクは回転数に反比例するため、定回転のときの数値を元に最大トルクを計算できると考える。
 3. 半導体素子で H ブリッジのスイッチを構成すれば、速度制御および制動制御も可能となる。具体的な回路を調べて図示し、速度制御および制動制御の方法について説明せよ。

図 14 は IN1, IN2 の 2 ラインのみをマイコンに接続するだけで正逆転・ストップを制御できる。図 15 はラジコン自動車の車載側のコントローラで、2 個のモータをラジコン受信機からのシリアル信号を解析してパルス幅に応じて前進後進の制御している。

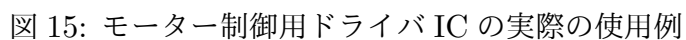
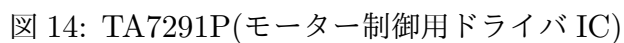


図 4, 5, 6 のグラフを見るときちんとデータが取れており，実験は成功しているといえる．

1. 電気学会：電気機器工学 I (改訂版), (社) 電気学会・(株) オーム社
2. 雑科学ノート - モーターの話 (<https://hr-inoue.net/zscience/topics/motor/motor.html>)
3. 電子工作の実験室 - モータの On/Off 制御法 (<http://www.picfun.com/motor03.html>)