

## Etude のバッテリーの選択

吉川博樹

2014.05.04

### 1. 緒言

小型モデルはメカを搭載する場所が小さいので必然的に小型のバッテリーを選択することになる。動力源やサーボモータもそれに合わせ低電力タイプを選択できれば問題はないが、今回開発した小型の翼のある水中ビークル (Etude) のように水中でスタント飛行機のような動作をさせる場合にはハイパワーのサーボや動力が必要となる。この時問題になるのがノーコン (制御不能) である。フルパワーで全ての舵を切ることもあり搭載されるバッテリーに大きな負荷が掛かり電圧降下が生じることが原因と考えられる。

今回測定対象としたバッテリーはニッケル水素でありリチウムポリマーは対象外とした。一般的にリチウムポリマーは大電流の取出しが可能であり今回問題としている現象は回避できると考えてよい。但しリチウムポリマーは電解質に有機溶媒を使用しており過放電の発熱により気化し引火すると激しく炎を噴き上げるので注意が必要である。空中での使用と異なり水中では放熱が悪く過熱し易いので温度上昇を伴う大電流での使用は絶対に避けなければならない。

小型のニッケル水素はもともと動力用としては開発されていないので大電流での放電は苦手であるが、単4だけは別で京商のニミツレーサー用として **ATLANTIS (Intellect)** が入手できる。以前は単3も有ったが現在は入手できない。これとは別に電動ガン用としてミニバッテリーが入手可能である。以上3種類のバッテリーの内どれが今回の使用に向いているか検証する。

### 2. モーターによるバッテリーの電圧降下

模型用モーターには比較的小出力の物から飛行機用の大出力の物まで数多くの製品が存在する。今回は表 2.1 に示す3製品を使用した。

表 2.1 測定に使用したモーター

メーカー	Robbe	Graupner	マブチ
型式	Power280 1-4468	SPEED300 7302	RC-280RA 20120
使用電圧範囲	4.5~6.0V	6.0~8.4V	4.5~9.0V
最大効率時電流	1.58A	1.41A	0.58A
無負荷回転数	14000rpm	12400rpm	8210rpm

Robbe も Graupner も元はマブチ製であり (株) AYARD から入手した。

<http://shop.ayard.jp/shopbrand/015/001/X/>

RC-280RA-20120 は (株) 鈴商から入手した。

[http://www.suzushoweb.com/category\\_2.php?c2\\_id=84](http://www.suzushoweb.com/category_2.php?c2_id=84)

負荷はプロペラであり、GWS の EP-6030 (直径 6 インチ×ピッチ 3.0) と GWS の EP-6050 (直径 6 インチ×ピッチ 5.0) の 2 種類をギヤダウン (1/1.66) して用いた。受信機はフタバ R156F、スピードコントローラは Eagle-30A を使用した。

表 2.2 に今回使用したニッケル水素バッテリーを示す。バッテリーはバラセルをシャンテで 6 本直列に接続し 7.2V の組バッテリーの形で使用した。測定はプロペラの回転数とバッテリーの出力電圧と電流である。3 種類のバッテリーと 2 種類の負荷の組合せで図 2.1~図 2.3 を得た。ここで横軸はバッテリーの出力電圧と電流の積、縦軸はプロペラの回転数である。モーターの回転数はこれに 5/3 を掛けた値となる。

表 2.2 使用したニッケル水素バッテリー

メーカー	MIWA HOBBY	GP	ATLANTIS
型式	Force Max 1500mAh	ReCyko+ 2050mAh	AAA- 800Highdrain 800mAh
タイプ	ミニ	単3(AA)	単4(AAA)
サイズ	50×34×33mm	53×40×36mm	49×29×27mm

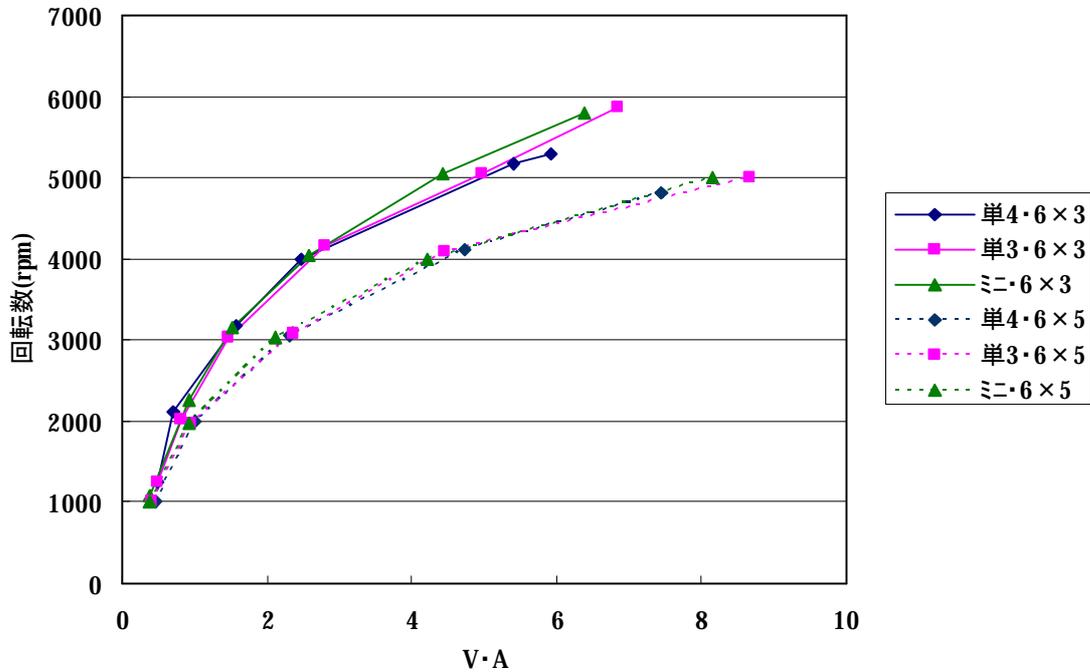


図 2.1 マブチ RC-280RA-20120

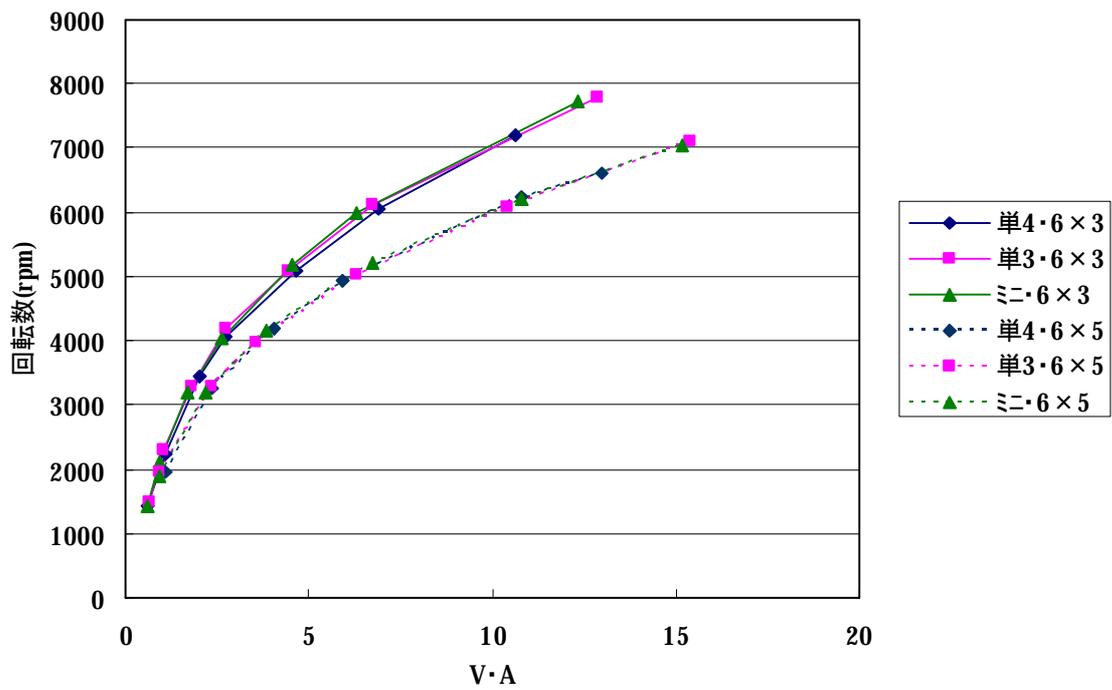


図 2.2 Graupner SPEED300

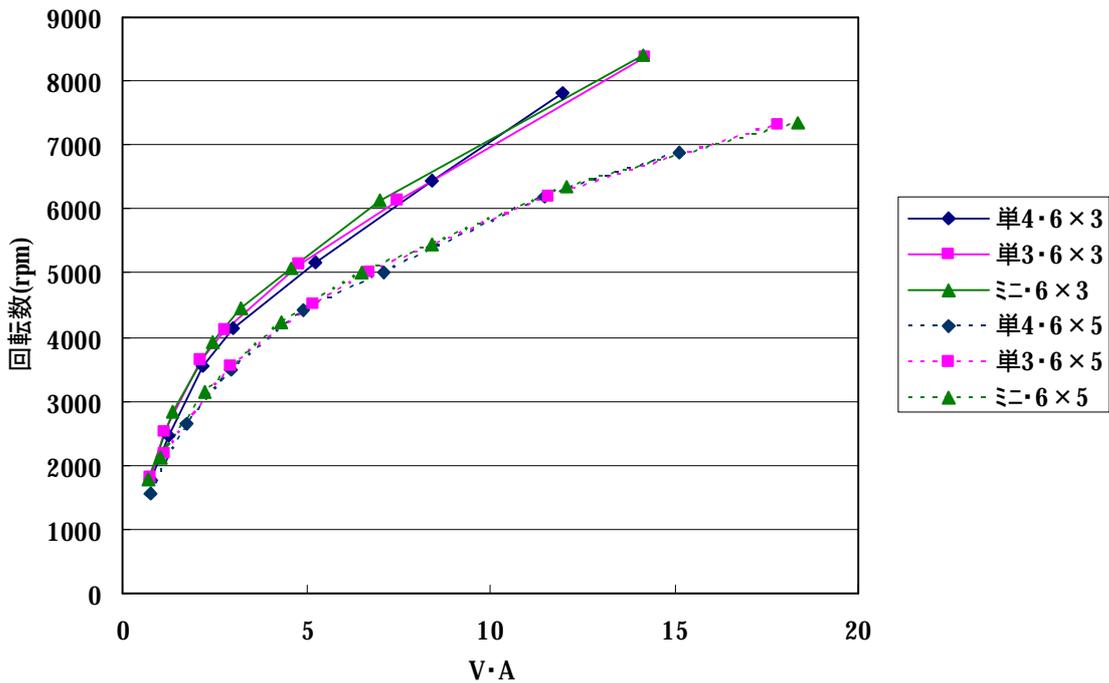


図 2.3 Robbe Power280

図 2.1～2.3 より明らかなようにバッテリーの違いによらず略同じカーブを描いている。しかし、横軸にバッテリーの出力電圧と電流の積、縦軸にバッテリーの出力電圧を取り全ての測定データを 1 つのグラフに描いてみるとバッテリーの差が明らかとなる。

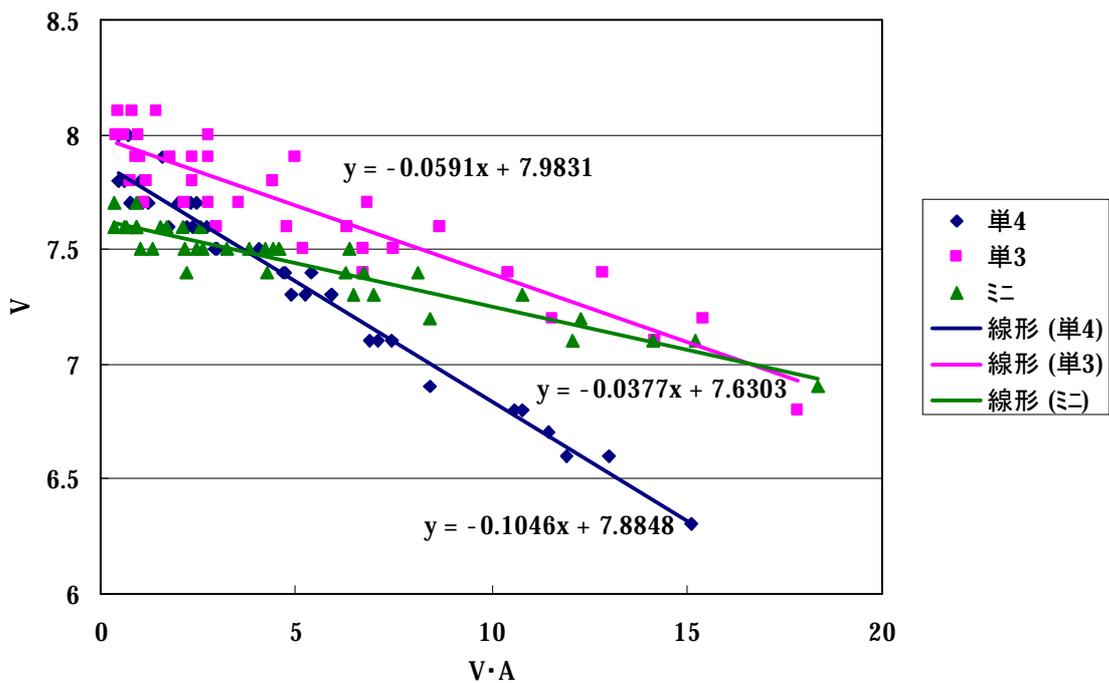


図 2.4 バッテリーの電圧降下

単4の傾きは**0.1046**、単3の傾きは**0.0591**、ミニの傾きは**0.0377**であった。これは **10V・A** の出力で単4は**1.05V**、単3は**0.59V**、ミニは**0.38V** 電圧降下が生じることを示している。電圧降下の大きい単4は最大出力も他のバッテリーに比べ小さい。

### 3. サーボモータによるバッテリーの電圧降下

今回開発した小型の翼のあるモデル (**Etude**) はエルロンサーボ**2**個、ラダーサーボ**1**個、エレベータサーボ**1**個の計**4**個のサーボモータを使用している。今回の測定では表**3.1**に示すものを使用した。

表**3.1** 測定に使用したサーボモータ

メーカー	BLUEBIRD	Eurgle
型式	BMS- 376DMG+HS Metal Gear Servo	rcps91116_15 Mini Servo
トルク	2.3kg・cm	1.8kg・cm
スピード	0.11sec/60degree	0.12sec/60degree
用途	エルロン×2	ラダー、エレベータ各1

エルロンの大きさは約**50mm×115mm**であり、それを動かすサーボのスピードが**0.11sec/60deg**であるので、エルロンの重心位置の最大の移動速度は $2 \times 25 \times \tan 30^\circ / 0.11 = 262.4 \text{mm/sec}$ となる。

重心に作用する最大荷重は(水の密度×最大速度の**2乗/2**)に抵抗係数と面積を掛けた値となるので、抵抗係数を**1.2**、水の密度を(**1000kg/1000mm**の**3乗**)とすると最大荷重は**238kg**となる。

重心の位置が**25mm**であるので必要トルクは**594kg・cm**となる。実際はサーボの最大トルクは**2.3 kg・cm**しかないののでそれに見合うスピードで動くことになる。計算すると**1.1sec/60deg**となり中立位置からどちらかに**30°**フルに切るのに約**0.6**秒掛かる事になる。送信機のスティックはそれより速く動かしていることから水中ではサーボには最大トルクが掛かっていることが分かる。

サーボ負荷時の所要電流値は表示されていないので簡易的に上記1と同様に測定した。**BMS-376DMG+HS**が**2.3kg・cm**の負荷時**7.1V・0.6A**、**rcp91116\_15**が**1.8kg・cm**の負荷時**7.1V・0.4A**、**4**個同時に動作させると**7.0V・2.1A**であった。このときのバッテリーの電圧降下を図**2.4**の近似式で求めると単4が**1.42V**、単3が**0.88V**、ミニが**0.56V**となる。

### 4. モーター及びサーボ動作時のバッテリーの電圧降下

#### 4. 1レギュレータの付加

モーターを繋かず**4**個のサーボだけを接続し**4**個同時に動作させると**2.1A**流れる。この場合でも一応制御可能であるがサーボの動作は不安定である。更にモーターを接続するとモーターが小出力時でも制御不能に陥る。これはスピードコントローラの**BEC**容量が小さいことが原因である。そこでスピードコントローラの**BEC**を使用せず(具体的にはスピードコントローラの受信機と接続する+、-、信号線の内+の線を切断する)受信機には別途外付けのレギュレータを接続する。今回は**TURNIGY UBEC-5A**を使用した。

バッテリーの出力が最大となるよう**Robbe Power280**に**GWS**の**EP-6050**を組み合わせ、更に**4**個のサーボに負荷を掛け同時に動作させた。測定値を表**4.1**に示す。前節で述べたように**4**個のサーボを同時に動作させると**7.0V**、**2.1A**、**14.7V・A**であるが、(モーター+サーボ)の**V・A**はモーターの**V・A**にこの値をたした値にはなっていない。また、電圧降下も前節で計算した値にはなっていない。

**V・A**についてはバッテリーが十分な電力を供給できないためと考えられる。これはミニよりも単4が顕著である。電圧降下については不明である。

表 4.1 モーター及びサーボ動作時の消費電力

	モーター	モーター+サーボ*	差
単4(AAA)	6.3V	6.0V	-0.3V
	2.4A	4.1A	
	15.1V・A	24.6V・A	+9.5V・A
単3(AA)	6.8V	6.4V	-0.4V
	2.6A	4.5A	
	17.7V・A	28.8V・A	+11.1V・A
ミニ	6.9V	6.8V	-0.1V
	2.6A	4.6A	
	17.9V・A	31.3V・A	+13.4V・A

#### 4. 2サーボモータのバッテリーへの直結

スピードコントローラの **BEC** 容量不足が原因の制御不能を避ける方法として、レギュレータを付加する代わりに **4** 個のサーボモータの+と-をバッテリーに直結しても良い。一般的にサーボモータの動作電圧は **4.8** ~ **6.0V** であり **7.2V** のバッテリーに直接接続できないがアナログサーボの多くは接続しても壊れることは少ない。これに対しデジタルサーボは壊れることが多く注意が必要である。

本方式はバラスト水を出し入れするピストンを動作させるような大型サーボを使用するときには有効な方法であり、今回はレギュレータの付加で充分対応が取れることから採用していない。

#### 5. 結言

今回開発した小型の翼のある水中ビークル (**Etude**) に使用できる小型のニッケル水素バッテリーの比較を行った。その結果以下の結論を得た。

- (1) 一番小型の物は単4 (**AAA**) で有り高出力タイプの物も入手可能であるが、**3C (2.4A)** 放電では電圧降下も大きく最大出力も他のバッテリーに比べ小さい。(モーター+サーボ) 動作時には**5C(4A)**放電を可能としているが電圧降下が大きく必要な出力を達成できていない。
- (2) 単3 (**AA**) は最大出力時でも **2C(4A)**程度であり高出力タイプではないが使用できそうである。しかし(モーター+サーボ) 動作時には若干出力が不足している。
- (3) ミニは単3よりも小型であり(モーター+サーボ) 動作時にも電圧降下も少なく略満足できる出力を得られる。

以上より、今回開発した小型の翼のある水中ビークル (**Etude**) にはミニが適している。