

第2部 飛行制御プログラミング実験室

第1章 50ドルでいじり放題

飛ばすSTM32マイコン制御 ドローン・キット

藤原 大悟

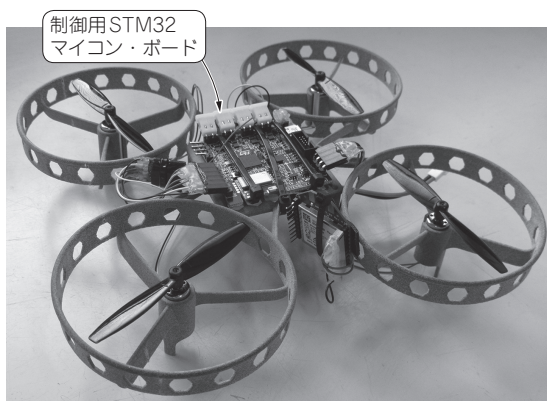


写真1 室内用ドローン・キット STEVAL-DRONE01
ラジコン受信器やデータリンクまで組み付けた様子。組み立て方は第2章を参照

ドローン・キットの特徴

● 組み立て用部品

特集において、マイコン・プログラムを書いて制御するのは、室内用ドローン・キット STEVAL-DRONE01（以下、ST-DRONEと略）です。ドローンのプログラム評価用キットで、STマイクロエレクトロニクス（以下、ST社）が製造し、チップワンストップなどから入手できます（USA 定価 \$ 50）。

表1 フライト・コントロール・ユニット STEVAL-FCU001V1の仕様

名 称	型 名	仕 様
CPU	STM32F401	RAM : 64Kバイト, フラッシュ : 256Kバイト, クロック : 84MHz
モータ・ドライバ	STL6N3LLH6	Nチャネル, 30V/6A
3軸加速度/ 3軸角速度センサ	LSM6DSL	$\pm 2 / \pm 4 / \pm 8 / \pm 16g$, $\pm 125 / \pm 250 / \pm 500 /$ $\pm 1000 / \pm 2000dps$
3軸地磁気センサ	LIS2MDL	± 50 ガウス
気圧センサ	LPS22HD	260 ~ 1260hPa
Bluetooth 4.1	SPBTLE-RF	
バッテリー充電制御	STC4054	800mA

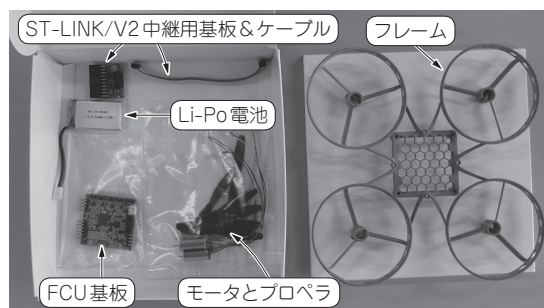


写真2 ドローン・キット STEVAL-DRONE01に含まれるもの

写真1に外観を示します。キットには以下が含まれます（写真2）。

- ・機体フレーム
- ・飛行制御ユニット（FCU）基板
- ・Li-Po電池
- ・モータとプロペラ
- ・ST-LINK/V2中継用コネクタ&基板

飛行制御ユニット基板 STEVAL-FCU001V1の仕様を表1に示します。キットの構成部品を表2に示します。各パーツの仕様を表3に示します。

● 飛行制御がいろいろ試せる

このキットには、一般に販売されているドローンと大きく異なる点があります。

表2 キットの構成部品

名 称	型 名	仕 様
フライト・コントロール・ユニット	STEVAL-FCU001V1	
STLINK/V2中継用基板&ケーブル		
コアレス・モータ		$\phi 8.5mm \times$ 軸長さ20mm
Li-Po電池 1セル	LIPO-832440	3.7V, 600mAh, 2.22Wh
プロペラ	-	長さ65mm
コネクタ	モレックス 51005/51006	2mm ピッチ, 2P

第1章 飛ばすSTM32マイコン制御ドローン・キット

表3
各パーツの仕様

項目	仕様
モータ数	4
プロペラ数	4
プロペラ直径 [mm]	65
ロータ間距離 [mm]	97
ロータ間距離(対角)[mm]	137
全質量 [g]	70
基板質量 [g]	10
バッテリー質量 [g]	15
フレーム質量 [g]	22

- ・完成品ではなく付属の部品を使い自分で組み立てる必要がある
- ・対象とする主なユーザが「これからドローンの自律飛行制御系の開発設計技術を修得しようとする人」である

必要な部品は一通り同梱されており、ソフトウェアやマニュアル類が充実しているので(ただし英語)、マイコン・プログラムの経験がある本誌読者であれば、それほど戸惑うことなく、「飛行させられる状態」まで持って行けるでしょう。

詳細

● メイン基板

ドローンを飛行させる際は、人間の操縦操作がそのままモータの指令になるわけではなく、人間とドローンとの間にマイコンによる飛行制御が介在します。飛行制御がないと機体胴体の姿勢(傾き)や方向が安定せず、離陸させることも難しくなります。

一般にドローンは、少なくとも姿勢と方向を安定にする制御が組み込まれ、近年は飛行速度や位置まで制御してくれる製品が多くなりました。このような制御を行うためには、姿勢などの機体の飛行状態を計測するセンサと、センサの信号や人間の操縦信号をもとに各モータへの指令値を決める計算を行うマイコンが必要です。

ST-DRONE付属のFCUは、1枚の基板上に必要なセンサやマイコンが一体となっています(表1)。センサとしては、直交各3軸の加速度と角速度(姿勢角度の時間変化率)を検出する慣性センサ(IMU: Inertial Measurement Unit) LSM6DSL、地磁気を検出する磁気センサ LIS2MDL、気圧センサ LPS22HDがあります。マイコンはSTM32F401です。

STM32シリーズのマイコンは、近年多くのドローンの飛行制御用途に採用されています。このマイコンがセンサからのデータと人間の操縦信号を受け取り、必要な計算を行った上で、各モータのPWM信号を生成してモータを駆動する役割を担います。



写真3 マイコンへのプログラム書き込みにはプログラマ/デバグであるST-LINK/V2が必要

● 飛行制御プログラム

マイコンのソースコードはST社のウェブ・ページから入手できます。ST-DRONEを飛行させるために必要な一通りの機能が最初から含まれています。マイコンへのプログラムの書き込みには、PCと、プログラマ/デバグであるST-LINK/V2が必要です(写真3)。ST-LINK/V2は秋葉原の電子部品店などで購入できます。

ソースコードをコンパイルするには、コンパイラなどの開発環境も必要ですが、こちらはST社のウェブ・ページから無償で入手できます。例えば、Atollic TrueSTUDIO for STM32があります。他社の有償の製品もあります。

● バッテリ

最後にモータやFCUを動かすための動力源であるバッテリーについてです。バッテリーはリチウム・ポリマ(Li-Po)電池を採用していて、セル数は1です。Li-Po電池は多くの電動式ドローンに採用されていて、従来のニッカド電池などと比べて重量が小さくて多くの電力を貯蔵でき、放電電流も大きいことが特徴です。

Li-Po電池の登場がドローンの普及に大きく貢献したと言えます。ただし過放電や過充電を行うと、バッテリーを永久破損させたり、バッテリーが発火したりすることがあるので、取り扱いには注意が必要です。

過放電対策としては、ドローンの飛行時間を長くしすぎないように気をつけることと、バッテリー・チェッカによって電圧を管理します。

バッテリー・チェッカは付属していないので、Li-Po電池用で1セルから電圧計測が可能な市販のバッテリー・チェッカを購入することをお勧めします(写真4)。2セル以上でないと計測できない製品が多いので選ぶ際は注意してください。

あまりお勧めしませんが、テストで測る場合は、+電極と-電極をショートしないように気をつけてください。Li-Po電池は、1セルの公称電圧は3.7Vで、満

入門

空
ド
ロ
ー
ン
制
御

自
走
ロ
ボ
制
御

水
中
ド
ロ
ー
ン
制
御

特集 飛行・走行・航行 ドローン&ロボ制御

コラム 用語の使い分け「ロータとプロペラ」

藤原 大悟

筆者はこれら2つの用語の定義について、互いの違いを明確に説明した文献を見たことは今のところありません。日本工業規格「JIS W 0106 航空用語（航空機一般）」には、それぞれの定義が書かれています。

これによると以下のように昼かれています。

プロペラ (propeller) …翼形断面を持つ羽根をエンジンによって回転させて推力を得る装置

回転翼 (ロータ, rotor) …翼形断面を持つ羽根を回転させて、揚力を得たり方向の操縦などに用いる装置

2つの文章の後半部分に明確な違いが見て取れます。つまり、プロペラは回転軸に平行な力である推力を発生させる装置であるのに対し、ロータは推力(≒揚力)だけでなく、それ以外の操縦に利用する

力やトルクをも同時に発生させうる装置であるということです。

実際、シングル・ロータ・ヘリコプタのメイン・ロータ(機体上部の大きなロータ)は、それ1つで機体を浮上させる推力に加え、ブレード(羽根、翼)1枚1枚のピッチ角に差をつけ、ロータの回転角に同期して周期的に変化させることで、機体のロール/ピッチの姿勢を変化させるためのトルクも発生させられる機構になっており、プロペラとは呼ばれません。

一方、本稿で解説しているマルチコプタの場合は、1つ1つのプロペラが推力を発生させ、複数プロペラ間の推力に差をつけてトルクを発生させることで姿勢を変化させます。1つのプロペラ内のブレードは全て同じピッチ角になっています。

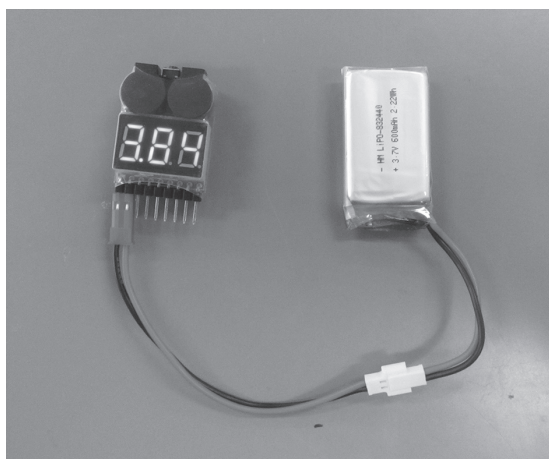


写真4 Li-Po電池用で1セルから電圧計測が可能な市販のバッテリー・チェッカの例

充電時は約4.2Vになります。測った電圧値が公称電圧程度であった場合は、充電残量がほとんどありませんので、次に飛行させる前に充電が必要です。

充電器は、市販のLi-Po電池用充電器も使えますが、ST-DRONEのFCU基板には充電回路が備わっているので、こちらを利用します(写真5)。FCUにLi-Po電池を接続し、FCUをPCとUSBケーブルで接続すれば、USB経由で充電ができます。充電制御用ICにはSTC4054が採用されていて、充電電流は適切に制限され、セル電圧が4.2Vに達すると充電が終了するようになっています。充電後はFCUからLi-Po電池を取り外してください。

なお、長期間Li-Po電池を使わないときは、充電残量を約半分の状態(1セル約3.8V)にしてから保管する

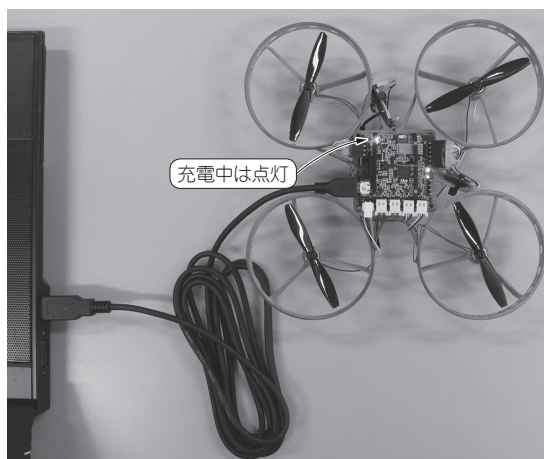


写真5 ST-DRONEのメイン基板には充電回路が備わっている。PCとUSBケーブルで接続するだけでLi-Po電池の充電が可能

とともに、定期的に電圧をチェックして適切な残量を保ちます。残量が極端に多いあるいは少ない状態で保管すると、電池の寿命を短くします。なお、膨らんだLi-Po電池は使用しないでください。セル電圧を監視する機能がない充電器や、Li-Po電池用以外(ニッカド電池用やニッケル水素電池用など)の充電器は危険なので使ってはいけません。

参考文献

- (1) STEVAL-DRONE01 Data brief, DB3749, STマイクロエレクトロニクス。
https://www.st.com/resource/en/data_brief/steval-drone01.pdf

ふじわら・だいご