

# まずは飛ばせるようになる

富田 拓海

STEVAL-DRONE01 機体の操縦方法には2種類あります。スマートホンを操縦かんとして用いる方法、ホビー用のラジコンのプロポ(操縦かん/送信機)&受信機を用いる方法です(写真1)。今回は後者の方法で機体を飛行させることを試みました。そのため本稿では、キットを組み立てて、プロポと受信機を用いて飛行させるところまでの一連の手順について説明します。

**<編集部注>**スマートホンを操縦かんとして用いる方法については、章末コラムで解説します。

## 選んだドローン制御キット

ドローン・キット STEVAL-DRONE01は、STマイクロエレクトロニクス(以後、ST社)から発売されている屋内飛行向けキットです。飛行に必要な部品は一通り同梱されており、インターネット上で組み立てに必要な開発環境、ソフトウェアを無償でダウンロードできます。マニュアルも充実しており、ST社のウェブページ(<https://www.st.com/content/STCOM/en.html>)においてdroneで検索)からダウンロードできます。

### ● 内容物

STEVAL-DRONE01の内容物を写真2に示します。組み立て後の様子を写真3に示します。

- 飛行制御ユニット基板 STEVAL-FCU001V1(以後、FCU)
- モーター(85mm×20mm, 3.7V)×4  
(赤青配線の品×2, 白黒配線の品×2)
- プロペラ×6  
(時計回り品×3と反時計回り品×3, スペア込み)
- Li-Po電池(3.7V, 600mAh, 最大放電電流30C)
- 3Dプラスチック・フレーム
- ST-LINK/V2接続用端子
- ST-LINK/V2接続用ケーブル
- ナイロンねじ×5
- 結束バンド×5



写真1 初飛行

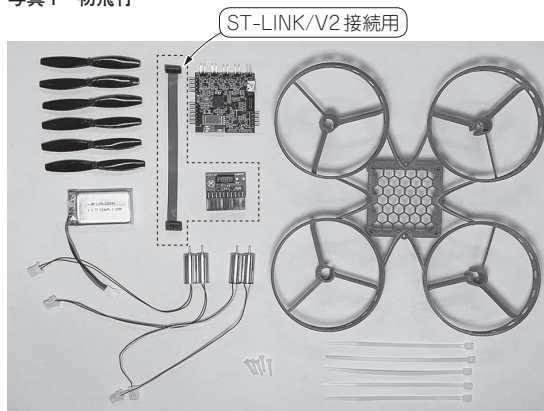
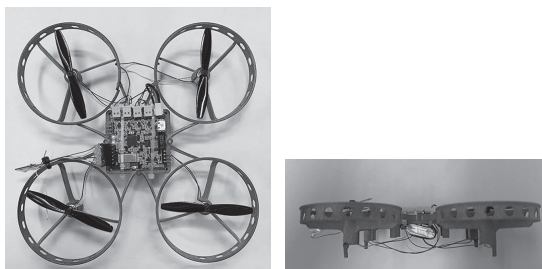


写真2 ドローンの姿勢制御が体験できるSTM32マイコン・キットSTEVAL-DRONE01



(a) 上面

(b) 側面

写真3 組み立てるとこんな感じ

## コラム1 とにかく注意! Li-Po電池の取り扱い

富田 拓海

### ● 充電

本キットにおいてFCU基板には充電用回路とMicro USBコネクタが備わっているため、Micro USBケーブルを用いることで、Li-Po電池の充電を行うことができます。また、市販のLi-Po電池専用の充電器を用いて充電することもできます。ただし、Li-Po電池専用充電器以外を用いると危険なので使用しないでください。

### ● 管理

Li-Po電池は従来のニッカド電池に比べて容量も大きく、軽く、高出力(電圧が高い)なのでさまざ

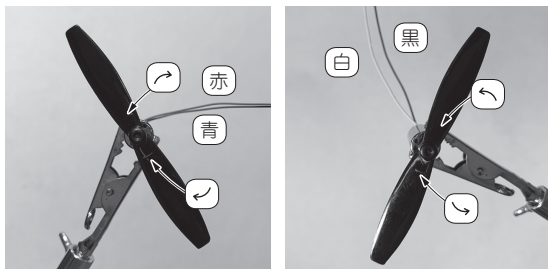
まなメリットをもたらしてくれますが、正しく扱わないと発火など大事故につながるため取り扱いには注意が必要です。事故を起こさないためには過放電や過充電を行わないようにすることが重要です。具体的には、飛行時間を長くしすぎないことや、充電の際は適切な充電器を用いて充電時の電圧、電流の設定を行う必要があります。また、長期の保管をする際は充電残量が約半分の状態にキープするようにしましょう。充電残量が多すぎたり少なすぎたりした場合は電池の劣化につながります。また、膨らんだLi-Po電池は発火の原因になるので使用も充電も避けてください。

### ● キット以外に用意するもの

- PC
- ST-LINK/V2(書き込み&デバッグ用)
- ホビー用のラジコンのプロポ
- 操作量受信機
- 受信機用コネクタ[ピン・ソケット(メス)1×6]
- はんだこて
- グルーガン
- 耐熱電子ワイヤ
- ドライヤ
- 両面テープ
- 結束バンド(本稿の組み立て方法では付属の結束バンド含めて8本使用)

## 機体の組み立て手順

今回説明する本キットの組み立て手順は、ST社のウェブページから入手できる組み立てマニュアル<sup>(1)</sup>に記載されている方法とは一部異なる場合があります。従って、組み立ての際は、ST社のマニュアルを



(a) ケーブルが赤と青のモータ (b) ケーブルが白と黒のモータ  
写真4 モータとプロペラの取り付けには決まりがある…プロペラに刻まれている矢印に注意

確認していただき、本稿の組み立て手順はその一例として利用いただければ幸いです。

### ● 手順1…モータとプロペラの組み立て

本キットではプロペラは時計回りのものと反時計回りのものがそれぞれ3つ付属しています。2つは予備です。時計回りのプロペラは赤と青の配線がつながっているモータと、反時計回りのプロペラは白と黒の配線がつながっているモータと組み合わせます。

モータとプロペラを組み立てる際に、プロペラの中心部付近に回転方向の矢印が記載されているため、その回転方向に対応するモータとプロペラを組み合わせます(写真4)。

### ● 手順2…フレームとモータの組み立て

フレームのモータ挿入部は、ガード部分から3つの支えにより支えられているのですが、これらはマルチコプタの飛行原理の性質上、少し角度を持たせて設計されています。そのため、手順1での組み立て品のプロペラの角度とフレームのモータ結合部の支えの角度の向きをそろえて組み立てます(写真5)。

### ● 手順3…FCUの取り付け

FCUには取り付ける方向を指し示す矢印が記載されています。写真6を見ながら、FCUに記載された矢印の方向とモータの回転方向との関係性に注意して取り付けましょう。

今回、FCUのフレームへの取り付けは、両面テープと結束バンドを用いています。ST社のマニュアルでは付属のナイロンねじを用いてフレームの裏側へ取り付けられていますが、今回は基板がフレーム下面に取り付けられることや充電のしやすさを考慮してフレーム

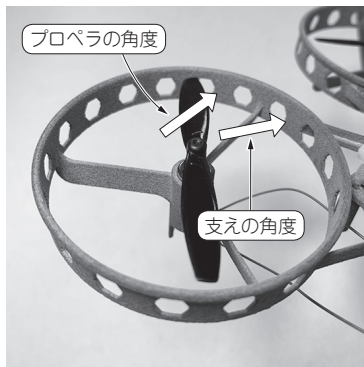


写真5 フレームとモータの取り付け…やや角度が異なる

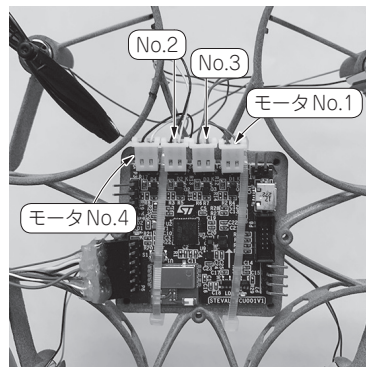


写真7 モータ配線のFCUへの取り付け

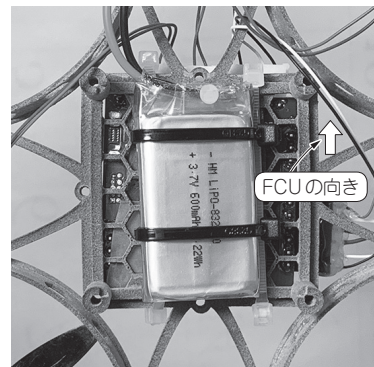


写真8 Li-Po電池を筐体に取り付ける

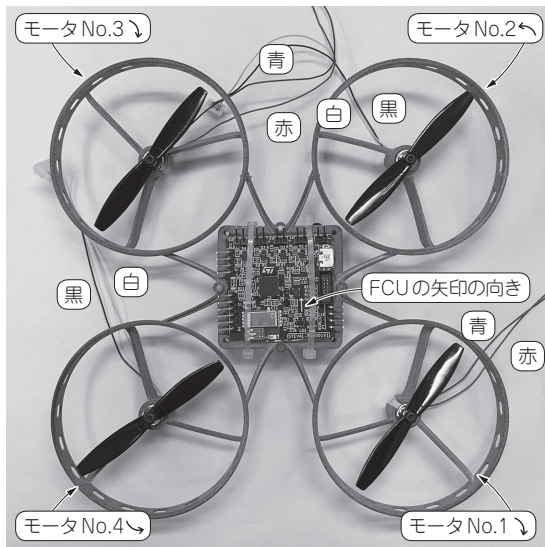


写真6 FCUを筐体に取り付け

上面に取り付けています。

### ● 手順4…モータ配線のFCUへの取り付け

モータの配線をFCUに取り付けます。写真7を見て取り付け位置や取り付け方には気を付けましょう。なお、写真7に記載されているモータの番号は、筆者が写真6にて定義したものです。

### ● 手順5…Li-Po電池の取り付け

Li-Po電池は結束バンドを用いてフレーム裏側に設置します。写真8に示すような向きで設置すると、コネクタへの接続がしやすくなります(写真9)。飛行の際にLi-Po電池が外れてしまうと危険なので電池が動かないようにしっかりと取り付けましょう。また、本キット購入時はあまり充電されていないので、充電してからご使用ください。

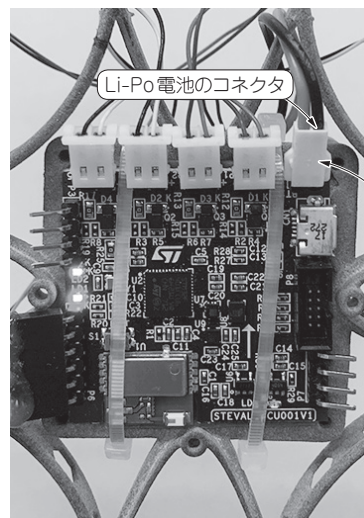


写真9 Li-Po電池のコネクタをFCU基板に挿す

注意!  
コネクタの向きが左の4つと逆です。電源の赤が内側になるように差しします

### ● 手順6…コード類の固定

コード類はプロペラと絡まないように適宜結束バンド等を用いて固定してください。

## プロポ用受信機の取り付け

今回、機体を操作するに当たって、送信機と受信機はそれぞれ双葉電子工業から発売されているT12KHとR3206SBM(写真10)を用いました。

### ● 手順1…受信機とコネクタのはんだ付け

耐熱電子ワイヤを用いて、受信機とコネクタをはんだ付けしてつなぎます。はんだ付けを行った部分はグルーガンを用いて短絡防止の絶縁を行いました。受信機のFCUへの取り付けは写真11に示すように、FCUの左下部に取り付けます。接続を図1に示します。

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

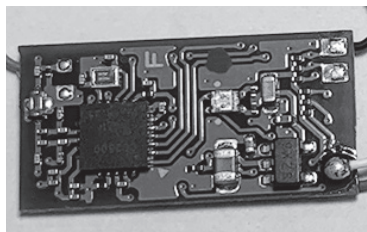


写真10 操作量受信機 K3206SBM

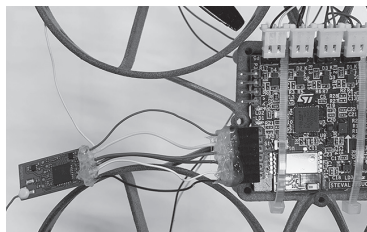


写真11 はんだ付け後の操作量受信機とコネクタ

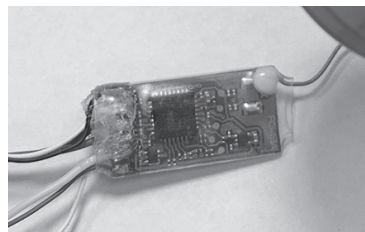


写真12 熱収縮チューブで操作量受信機基板を覆う

## ● 手順2…熱収縮チューブの取り付け

熱収縮チューブの中に受信機を入れ、ドライヤーで温風を与えて熱収縮チューブを収縮させます(写真12)。

## ● 手順3 受信機の固定

受信機は飛行中プロペラに絡まらないように結束バンド等を用いてフレームに固定してください(写真13)。

## マイコンへの制御プログラム書き込み

今回、開発環境はAtollic TrueSTUDIO for STM32を用いて、FCUマイコンへのプログラムの書き込みを行いました(他社の有償の製品もある)。ここでは、本キットとは別にPCとプログラマ/デバッガであるST-LINK/V2が必要となります。それでは以下に、開発環境の入手、セットアップ方法とソースコードの入手、FCUマイコンへの書き込みについて説明します。

## ● 手順1…開発環境の入手

開発環境 Atollic TrueSTUDIO for STM32はAtollic社のウェブ・ページ(<https://atollic.com/truestudio/>)から入手できます。筆者は最新バージョンであるVersion 9.3.0を用いました(入手日:2019年12月3日)。

## ● 手順2…ST-LINK/V2のUSBドライバの入手方法

PCにST-LINK/V2を接続するためにUSBドライバが必要となります。このUSBドライバはST社のウェブ・ページ(<https://www.st.com/content/>

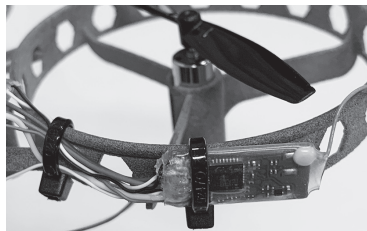


写真13 受信機は結束バンドでフレームに固定

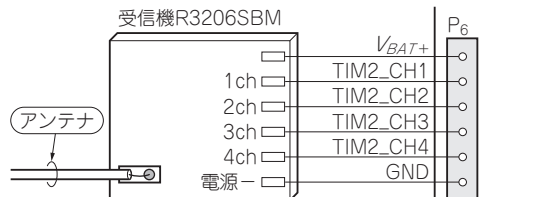


図1 FCUと受信機との接続

[st\\_com/en.html](https://www.st.com/en.html))から入手できます。上記のURLにて、STSW-LINK009のダウンロードを行ってください。

## ● 手順3…ソースコードの入手

マイコンに書き込むプログラム・ソースはGitHubにて公開されています。

```
https://github.com/STMicroelectronics-CentralLabs/ST_Drone_FCU_F401
```

上記のURLにて、FCUのプログラム・ソースコードのZIPファイル、ST\_Drone\_FCU\_F401-master.zipを入手できます。入手したプログラムは作業したいディレクトリに移動して展開しておきます。

## ● 手順4…FCUファームウェアの展開

手順1で入手したAtollic TrueSTUDIO for STM32を開きます。まず、ワークスペースのディレクトリの選択が出てくるので、手順3で入手したプログラム・ソースが置いてあるディレクトリを選択します。

次にアプリケーションが表示されるので、GUI左上の「ファイル」→「Open projects from File System...」→「ST\_Drone\_FCU\_F401-master/STM32 FW Project/Official latest release 221117/TrueSTUDIO/ToyDrone Configuration」を選択します。フォルダの中に図2のようなプロジェクトが出てくるので、チェックが入っていることを確認して「終了」を選択します。するとプロジェクト・エクスプローラ上に「ToyDrone Configuration」と表示され、プロジェクトが開かれます。

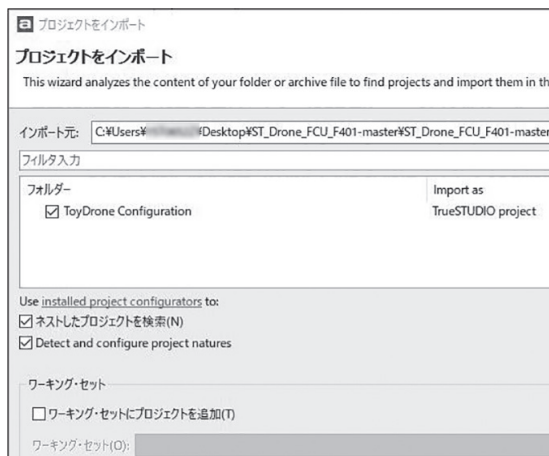


図2 プロジェクトの開き方

### ● 手順5…ラジコン・プロポ（モード1）における 操縦入力の設定

GUIの左上の「ファイル」→「ファイルを開く」をクリックします。ST\_Drone\_FCU\_F401-master/STM32 FW Project/Official latest release 221117/Inkの中のrc.hファイルを選択して開きます。

ここで12行目～41行目においてAIL、ELE、THR、RUDの各チャネルの最大値・中央値（THRを除く）・最小値、および振幅（片振幅）を設定します。今回使用するプロポ、受信機では表1に示す値に設定しました（図3）。表1にrc.hの定数の設定値を示します。

### ● 手順6…ビルドの行い方

プロジェクト・エクスプローラ上で「ToyDrone Configuration」のプロジェクトが開かれているので、その文字上で右クリックし「プロジェクトのビルド」を選択することでビルドが行われます。

### ● 手順7…ST-LINK/V2のPCとFCUへの接続

PCへは写真14のように、本キット付属のST-LINK/V2接続用端子と接続用ケーブルを用いて接続します。

### ● 手順8…マイコンへのプログラムの書き込み

FCUにバッテリーをつなぎます。GUI上部にある「実行」→「デバッグの構成」を選択します。するとデバッグ構成のウィンドウが表示されるので、「組み込みC/C++アプリケーション」→「ToyDrone Configuration.elf」を選択します（図4）。このとき、デバッグの中のデバッグ・プローブがST-LINKとなっていることを確認してください。その後「デバッグ」を選択することで、プログラムの書き込みが行われます。GUI上部の

表1 rc.hの定数の設定値

定数名	値
AIL_LEFT, ELE_TOP, RUD_LEFT	7760
AIL_MIDDLE, ELE_MIDDLE, RUD_MIDDLE	6080
AIL_RIGHT, ELE_BOTTOM, THR_BOTTOM, RUD_RIGHT	4400
RC_FULLSCALE	1680

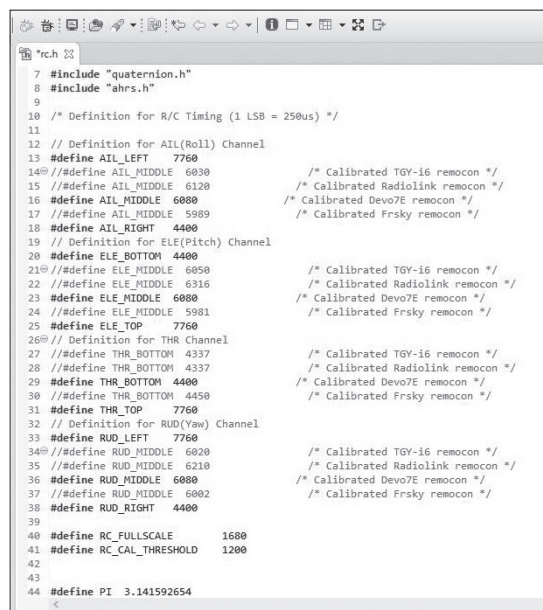


図3 操縦入力の設定

「実行」→「終了」を選択したときに、コンソール上に「Download verified successfully」と表示されれば、正常にダウンロードできたことになります。ここで接続されている間はST-LINK/V2のLEDが黄緑と赤で交互に点滅するので赤点灯になってからコードを外してください。その後バッテリーを外してください。以上でFCUマイコンへのプログラムの書き込みは完了です。

### プロポの初期設定・受信機のリンク

機体を操縦するにあたって、プロポ内でドローン操縦用のモデルを作成し、その後プロポと受信機とをリンクさせる必要があります。手順について説明します。

### ● 手順1…プロポの初期設定について

プロポ（写真15）のLNKを長押しするとリンクページ・メニューが開きます（写真16）。「モデルセレクト」→「シンキ」を選択します。ここでは、

タイプ：ヘリコプター  
スウォッシュ：H-1  
リセット：OFF

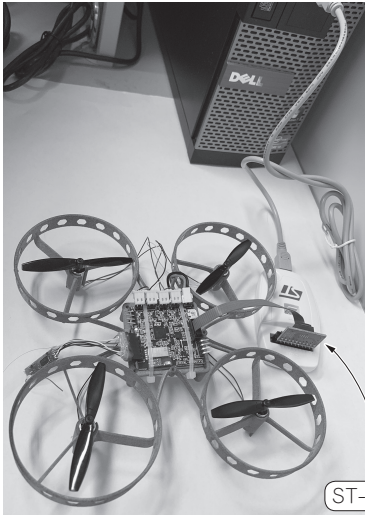
入門

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



ST-LNK/V2

写真14 プログラム書き込み器 ST-LINK/V2をFCUに接続

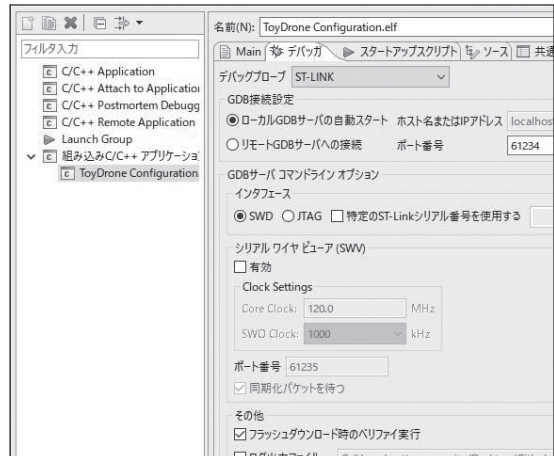


図4 マイコンへの書き込み



LNK

写真15 プロボのLNKボタン

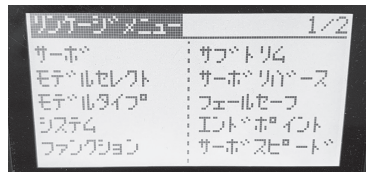


写真16 プロボの初期設定

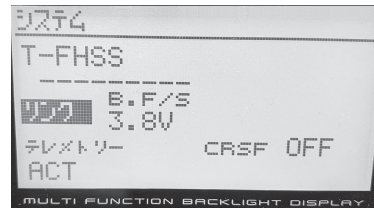


写真17 プロボの初期設定・受信機のリンク

と設定します。モデル・セレクトに戻ってみるとNEW1というモデルが生成されているので「リネーム」を選択して適宜名前の変更を行います。

次にリネーム・メニューのサーボリバースから「AIL, ELE, THR, RUD」を「REV」に設定します。その他は「NORM」に設定します。

## ●手順2…プロボと受信機のリンク

プロボと受信機を0.5m～1mに近づけます。プロボでリネーム・メニューを開き、システムを選択します。その中に「リンク」とあるので(写真17)、それを選択することによってプロボをリンク・モードにします。

受信機の電源をONにすると、受信機リンク待ち状態(赤点滅)になります。プロボのリンク・モードが終了し、LEDが赤色から緑点灯に変化すれば、リンク完了です。リンクが完了できたら機体を手に持って、安全に気を付けながらスティックの動作がプロボの回転と同期できているか確認してください。

## 操縦方法

飛行までの手順について説明する前に、今回用いたプロボのスティック操作と、それに対応した機体の動きについて説明します。今回はモード1と呼ばれる規格のものを使用しました。

まず、プロボの右側のスティック操作の説明を行います。このスティック操作によって機体の上昇、下降と横方向への移動を行うことができます。具体的には、スティックを前に倒すと上昇し、下に倒すと下降します[図5において①の操作, 図6(a)]。このときスティックを急激に操作してしまうと、上昇や下降が素早く反応してしまい天井や床にぶつけてしまう可能性があるため、スティック操作は焦らずゆっくり行うようにしてください。また、スティックを左に倒すと機体が左側に傾きそのまま左に移動し、右に倒すと機体は右側に傾きそのまま右に移動します(図5において②の操作)。このとき機体が向いている方向は変わりません。

続いて左側のスティック操作の説明です。左側のスティックによって機体の前後移動とその場で機体を回



図5 プロポ (T12KH) の操作

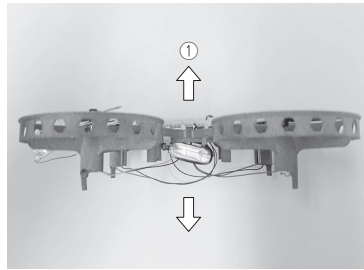


図6 (a) ①の動き

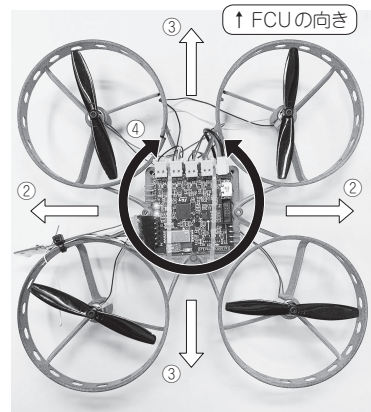


図6 (b) ②③④の動き



写真18 操縦スタートのポジション



写真19 センサのキャリブレーション

転させて方向転換を行うことができます。具体的には、スティックを前に倒すと機体が前傾しながら前進し、後ろに倒すと機体が後傾しながら後進します(図5において③の操作)。また、スティックを左に倒すことでその場で左回転することができ、右に倒すことで右回転できます(図5において④の操作)。

次に飛行手順の説明をします。

### ● 手順1…プロポと機体の起動

プロポと機体の電源を入れます。順番はプロポの電源を入れてから機体の電源を入れてください。機体の電源を入れてからプロポの電源を入れると、プロポのスティックが初期位置からずれてしまっている場合、突然機体が動き出す可能性があり危険なので避けてください(電源を切るときは機体、プロポの順番で切る)。

### ● 手順2…操縦の始め方

FCUのLEDが赤色の点滅がされているときは、操縦をすることができません。写真18のように、プロポの両スティックを左右両端手前側にするこ

### ● 手順3…センサのキャリブレーション

手順2を行った後、機体を飛行させることができますが安定した飛行を行うことができないことがあります。そのときは写真19のようにスティックを中央手前側にするこ

### ● 手順4 初飛行

以上で飛行する状態にすることができました。飛行する際は、周囲の安全を確認して機体を操縦しましょう(写真1)。

#### ◆参考文献◆

- (1) How to build your own mini-drone with the STEVAL-DRONE01 reference kit, STマイクロエレクトロニクス (UM2512 stで検索)。  
[https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user\\_manual/group1/c0/4c/f4/31/73/48/41/28/DM00563954/files/DM00563954.pdf/jcr:content/translations/en.DM00563954.pdf](https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user_manual/group1/c0/4c/f4/31/73/48/41/28/DM00563954/files/DM00563954.pdf/jcr:content/translations/en.DM00563954.pdf)

とみた・たくみ

入門

空ドローン制御

自走ロボ制御

水中ドローン制御

## コラム2 ドローン・キットのスマホ操作対応

中島 幸一

STEVAL-DRONE01のマイコン・ボードには、Bluetooth通信機能があり、スマートフォン(AndroidおよびiPhone)から操作できます。なお、詳細な手順もダウンロードできるようにしておきます。

<https://www.cqpub.co.jp/interface/download/contents.htm>

### ● ステップ1…開発環境の入手

開発環境Atollic TrueSTUDIO Version9.3.0 (<https://atollic.com/truestudio/>) を用いました。

### ● ステップ2…専用プログラムをマイコン・ボードへ書き込む

GitHubからソースコードを取得しておきます。

[https://github.com/STMicroelectronics-CentralLabs/ST\\_Drone\\_FCU\\_F401](https://github.com/STMicroelectronics-CentralLabs/ST_Drone_FCU_F401)

TrueSTUDIOを起動し、GUI左上の「ファイル」→「Open projects from File System…」→「Official release with BLE Remocon-170318」を選択して、プロジェクトにImportします。

次に、ビルドした実行ファイルを、PC→ST-LINK/V2→FCU(マイコン・ボード)と接続して、書き込みます。なお、FCUにはバッテリーを接続しておきます。

ST-LINK/V2のLEDが黄緑と赤の点滅から赤点灯に変れば書き込み完了です。ケーブルを外してください。

### ● ステップ3…スマホと専用アプリの準備

Android(筆者はソニーのExperia, Android 9)からの接続手順を説明していきます。iPhoneからの手順はダウンロード・データ内に示します。

プレストアからSTマイクロエレクトロニクスによるドローン専用アプリをインストールします。AndroidでもiPhoneでも、「ST BLE Drone」として検索してインストールします。

### ● ステップ4…スマホのBluetooth接続を設定

「ST BLE Drone」専用アプリを起動すると、図Aの画面になります。このとき、マイコン・ボードのLED2が点滅していることを確認します。

確認できたらまず、「Start Connection」をタッチします。図Bの画面に切り替わったら、「DRN1110」をタッチして接続します。

接続されるとマイコン・ボードのLED2が点灯に切り替わります。

図Aの「Start Connection」が「Connected」に変れば接続完了です。

### ● ステップ5…姿勢センサのキャリブレーション

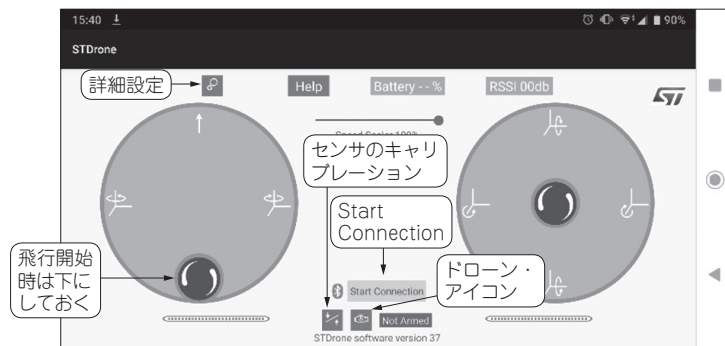
次に図A中の[↑↓]ボタンをタッチしてセンサをキャリブレーションします。その際にはドローンを水平に保ちます。

### ● ステップ6…飛行

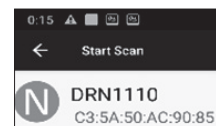
図A中の[Droneアイコン]をタッチして「Armed」(モータ回転可能モード)に切り替えます。その際に必ず左側のスロットルは一番下にしておきます。そうしないと「Armed」にしたとたんモータが回転し、危険です。操作に慣れるまでプロペラは取り付けずに実施しましょう。

ドローン・アイコンが赤に切り替わり「Armed」に表示が変わればモータが回転可能になります。

[詳細設定]や[Sensitivity]ボタンを押して、操縦しやすく設定しましょう。



図A  
スマホからの  
操作画面



図B 接続相手として  
DRN1110を指定

#### ◆上記コラムの参考文献◆

(A) UM2512, How to build your own mini-drone with the STEVAL-DRONE01 reference kit, STマイクロエレクトロニクス(pp.14~15).