

サイエンティフィックカメラと周辺機器の同期

勝木健雄 (ソーラボジャパン株式会社 技術部)

カメラを検出器に用いたイメージングシステムでは、カメラと他の周辺機器の動作を同期させる必要がしばしば生じます。例えば、顕微鏡で長時間のタイムラプス撮影を行う場合、照明をサンプルに当て続けるのではなく、カメラで撮影する瞬間にだけ照明を点灯する、という方法が採られることがあります。また、複数のカメラを用いて同時に多色を撮りたい場合はカメラ同士の撮影のタイミングを同期させる必要がありますし、タイリングやZスタックを撮りたい場合は電動ステージの動きとカメラを同期させる必要があります。通常、これらの実験機器にはデジタル信号 (0 と 1 の論理値を 0 V と 5 V などの電圧値で表現する) を外部トリガとして認識する機能が備わっているため、何らかのデバイスでデジタル信号のパターンを生成することができれば複数の機器を同期させることができます。そのための方法はいくつかありますが、本稿では Arduino® を用いる方法と Kinesis® を用いる方法の 2 種類を紹介します。

Arduino® を用いる方法

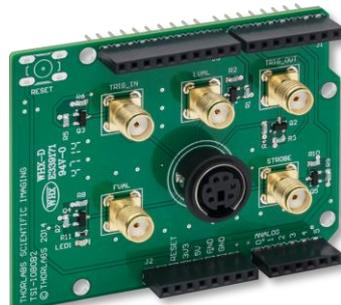
同期用のデジタル信号を作り出す最も安価でフレキシブルな方法の一つは、Arduino を用いる方法です。Arduino は、種々の入出力ポートを備えたオープンソースのワンボードマイコンであり、数千円と

いう低価格で入手することができます (図 1 左)。Arduino の動作は Sketch と呼ばれる言語でプログラムしますが、シンプルな構文でドキュメントも充実しているため、プログラミングに馴染みのない方にも取り組みやすいと思います。また、一旦 Arduino にプログラムを書き込めば、PC に接続せずに Arduino 単体で動作させることもできるので、コンパクトで持ち運びに便利な制御系を構築したい場合にも有用です。

ソーラボ社では、[ソーラボ社製サイエンティフィックカメラ](#)と接続することができ、Arduino に取り付けることのできるブレイクアウトボード (端子台) [TSI-IOBOB2](#) を販売しています (図 1 中央)。このボードにカメラの補助 I/O ケーブル [8050-CAB1](#) を接続すると、Arduino のデジタルピン 3 がカメラのトリガ入力に導通し、デジタルピン 3 の状態を HIGH (5 V) もしくは LOW (0 V) にすることでカメラにトリガを入れることができます。

例えば、次ページの 10 行ほどのシンプルな Arduino コードは、デジタルピン 3 から 20 Hz のデジタル信号を出力します。このようにプログラムされた Arduino に上記のブレイクアウトボードとソーラボ社製カメラを接続し (図 1 右)、カメラを外部トリガモードに設定すれば、毎秒 20 フレームで画像を取得することができます (注: 露光時間と読み出

Arduino UNO



ブレイクアウトボード TSI-IOBOB2

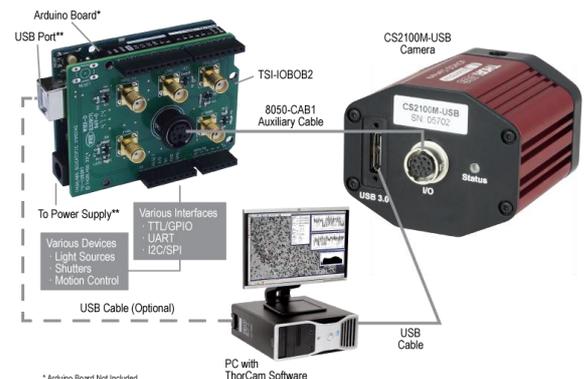


図 1. 左: Arduino UNO®。中央: ブレイクアウトボード TSI-IOBOB2。右: Arduino、TSI-IOBOB2、サイエンティフィックカメラ、PC の接続例。

し速度にも依存します)。より高速で精度の高いタイミング制御が必要な場合は、ポートを直接操作する方法もあります。詳しくは TSI-IOBOB2 の [マニュアル](#) を参照してください。

```
void setup() {
  pinMode(3, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(3, LOW);
  delay(10);
  digitalWrite(3, HIGH);
  delay(40);
}
```

カメラに加えて他の機器を同期させたい場合は、それぞれの機器にデジタルピンを割り当てて digitalWrite() コマンドでピンの状態を制御してやればよいわけです。Arduino のジャンパ線を直接挿すタイプのコネクタ（ボードの両側に並んでいる黒いコネクタ）は線が抜けやすいという欠点がありますが、TSI-IOBOB2 は、デジタルピン 3~7 が SMA コネクタ（金色）になっており、ジャンパ線よりも確実に配線することができます。カメラ、光源、ステージなど複数の機器を同期させたい場合は、同期信号発生用に TSI-IOBOB2 を 1 台用意し、そこから各々の機器に SMA コネクタを介して同期信号を送るようにするとよいでしょう。

Kinesis®を用いる方法

ソーラボ社製のモーションコントローラ [K-Cube™](#) には TRIG1 と TRIG2 という I/O ポートが備わっており、5V のデジタル信号を入出力することが可能です（図 2）。また、K-Cube 付属のコントロールソフトウェアである [Kinesis](#) には、Sequencer という機能があり、アクチュエータの動作や I/O ポートの動作（トリガの入出力）をプログラムすることができます。このため、構築したいシステムに電動ステージなどの Kinesis を使う機器が含まれる場合、Kinesis でシステム全体の同期を取ることも可能です。図 3 は 1 軸の電動ステージとカメラと LED を同期するための Sequence プログラムの例です。Kinesis は GUI なので、Arduino のようにコマンドを覚える必要はなく、手軽にシステムの自動化ができます。ただし、Kinesis は Windows OS 経由で制御するため、PC からコントロ

ーラへの指示に数十 msec オーダの遅延が発生する場合があります。ミリ秒以下の精度でタイミングを制御する必要がある場合は Arduino を使うことをお勧めします。

おわりに

顕微鏡などの装置は複数のデバイスが組み合わされ、デバイス間が適切なタイミングで動作することにより機能を発揮します。本稿では述べませんでした。Arduino にはアナログ入出力端子も備わっていますので、何らかの測定結果に基づいてシステムの挙動を変化させる、といったインタラクティブな制御を実現することも可能です。興味のある方はぜひ取り組んでみてはいかがでしょうか。



図 2. モーションコントローラ K-Cube (KST201)

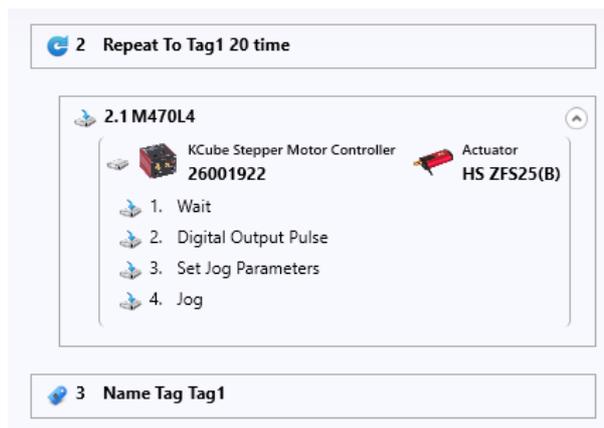


図 3. Kinesis の Sequencer を用いて 20 枚の Z スタック画像を取得するプログラム。

※Image used under the Creative Commons Attribution 2.0 Generic license. (図 1 左)