

アンフィ技術ノート NO.3

計測カメラの「トリガ」機能について

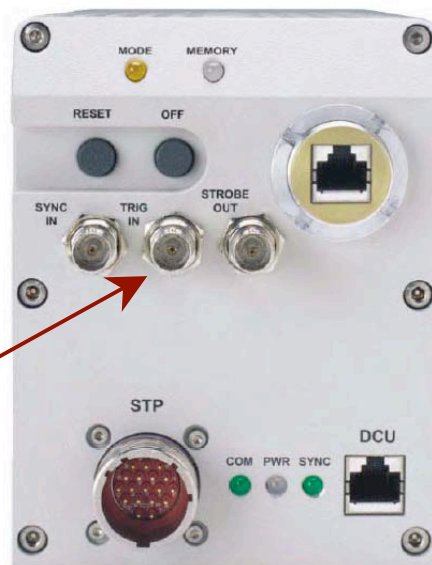
2009.10.20  
アンフィ (有)  
安藤幸司

計測カメラには、「トリガ」(Trigger) という電気信号を入力する機能が備わっている。一般のカメラにはトリガ機能はない。一般のデジカメでは、シャッターボタンがこれに相当し、ムービーカメラでは、「Rec」(録画) ボタンがこれに相当する。これらは単純な撮影開始ボタンである。

1. トリガの機能

計測カメラのトリガ機能は、以下の機能を持っている。

- ・ 高速度カメラのように、1 秒～数秒で記録が終わってしまうカメラの場合、撮影を終了させるための指令が必要となる。その指令の一手段がトリガ信号である。
- ・ シャッターカメラでは、電気信号 = トリガ信号によって一枚の画像を撮影する。撮影する対象物が速く移動している場合、センサーを使って対象物の動きを検知してタイミング良くシャッターを切る。



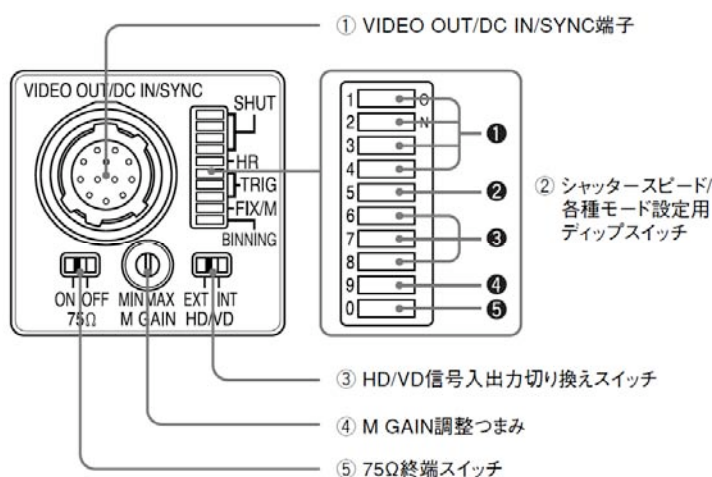
トリガ信号入力部

計測カメラの一例 (高速度カメラ Redlake HG100K の背面パネル)

トリガ信号は、カメラの撮影タイミングを決める「シャッターボタン」のようなものと言える。計測カメラでは、撮影者が行うボタン操作だとタイミングを逸してしまう場合があるので、電気信号により精度の高いタイミングでの撮影を行う。電気信号を使う場合、ミリ秒 (1/1,000 秒) からマイクロ秒 (1/1,000,000 秒) のタイミング精度で撮影を行うことができる。

2. トリガケーブル

トリガ信号を扱うケーブルは、BNC ケーブルと呼ばれる同軸ケーブルが使われる。多くの



ソニーXC-HR50の背面パネル。トリガ信号は、①に割り当てられたピンから入力する。予め決められたモードで、トリガ信号によって露出が切られ撮影を行う。

計測カメラでは BNC コネクタを配置したトリガ入力部を持っている。カメラによっては、マルチピンによるコネクタでトリガ入力部を設けているものがある。このカメラの場合には、専用のケーブルを使ってトリガ信号を供給する。

### 3. トリガの種類

計測カメラによる撮影を制御するトリガ（信号）の種類には、以下のものがある。

- ・ ペンダントスイッチをカメラトリガ入力部に接続し、このスイッチで撮影を行う。
- ・ カメラにパソコンがつながっている場合、制御ソフトの「Trig.」、「トリガ」、「Fire」、「撮影終了」ボタンで撮影を行う（右下図参照）。
- ・ 計測装置からトリガ信号をもらう。  
電気トリガ信号には、以下のものがある。
  - ・ リレー素子の接点信号
  - ・ トランジスタ素子のオープンコレクタ信号
  - ・ デジタル信号  
(TTL レベルの 5V パルス信号)

### 4. カメラ操作ソフトウェアからのトリガ

カメラをパソコンから操作するものでは、操作ソフトウェアからトリガをかけられる。右図の操作メニューに示される「Trigger」ボタンがこれに相当する。トリガボタンをクリックすると、操作メニューからパソコンの通信ケーブル（USB、もしくは IEEE1394、イーサネット、カメラリンクなど）を介してカメラにトリガコマンドが送られる。

操作メニューからのトリガコマンドは、したがって時間的な遅れが生じ、およそ 0.3 秒～0.6 秒程度の時間差を考慮しておく必要がある。

したがって、このトリガボタンは、精度を要求しない撮影終了操作として使用されるものである。



パソコンからカメラ制御を行う計測カメラには、操作ソフトウェアに「トリガ」ボタンが設けられていて、このボタンを押すことにより、トリガがカメラに入る。

### 5. トリガ - ペンダントスイッチ

ペンダントスイッチによるトリガは、カメラのトリガ入力部にペンダントスイッチを取り付けて、手でカメラにトリガ信号を送るものである。

カメラのトリガ入力部をテスターで電圧を測ってみると、端子の両端は、3.3V～5.0V の電圧がかかっていることがわかる。

これは、カメラ内部のトリガ回路にデジタル素子が使われていて、その電源電圧がトリガ端子から出て

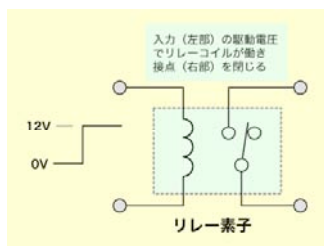
いるためである。トリガの電圧が High (2.0 V~電源電圧) になっているか、Low (0V~0.6V) になっているかでトリガ信号を識別する。

ペンダントスイッチは、トリガ入力部をショートさせて電圧を 0V に下げさせるものである。

(詳細は、■トリガのしくみ 参照。)

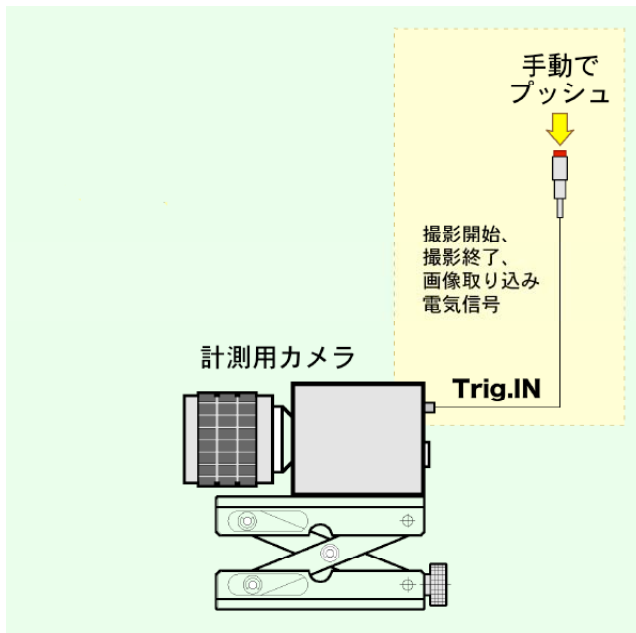
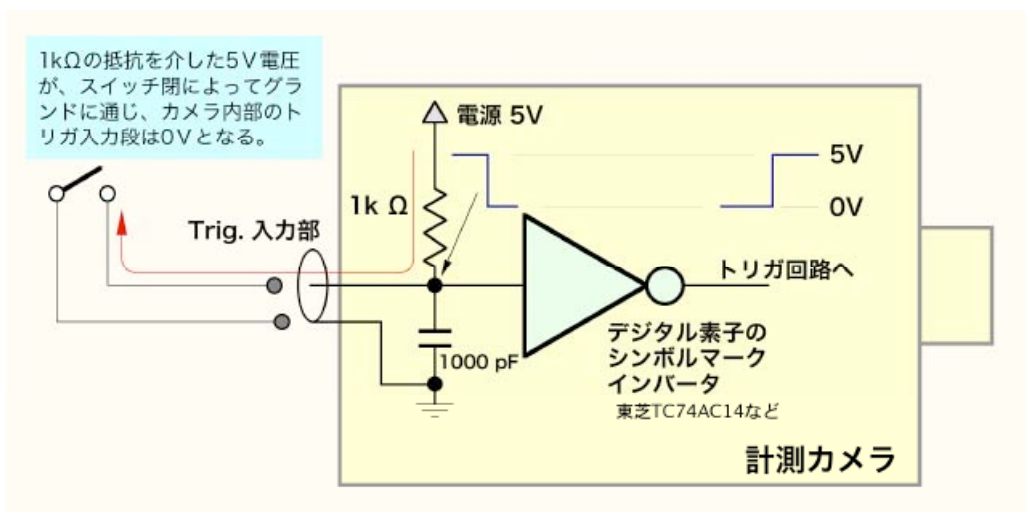
### 6. トリガ - リレースイッチ

リレー素子によるトリガは、ペンダントスイッチの押す動作を電気力によって行うもので、人の手による動作より速く行うことができる。リレー素子は電気の通電によってリレー素子内に組み込まれた電磁石が接点の切片を閉じたり開けたりするものである。左図がリレーの概念図である。



リレー素子の入力部に 12VDC を印加すると、リレー素子のコイルが電磁石作用によって起動し、リレーの接点を閉じさせる。リレーの駆動には、12VDC の他にも 24VDC や 5VDC、100VAC などがある。リレーの接点に流す電圧と電流は接点容量によって決まり、大容量のものから小容量のものまでである。カメラ用のトリガ信号は、5V で 10mA 程度しか流れないので小さいリレーで問題ない。リレーの駆動は、信号が入ってから接点が閉じるまでおよそ 1/1000 秒~1/500 秒 (1 ミリ秒~500 マイクロ秒) かかる。これはトリガ信号の遅れとなる。

### ■ トリガのしくみ



ここでトリガの働く仕組みを簡単に説明しておく（上図参照）。カメラ内部のトリガ入力段には、インバータと呼ばれるデジタル素子が配置されている。これは、外部からの電気信号をトリガ信号として受け付けるものである。インバータ素子は、多くが 5V の電源で動作する（最近では低い電圧のデジタル素子が使われているが、外部との電気信号の互換性を保つために 5V としている）。ペンダントスイッチやリレースイッチで入力部をショートした時に、インバータの入力部の電位は 5V から 0V に落ちる。この電位の変化をトリガとして受け付ける。スイッチがショートしたときにスイッチを流れる電流は、 $5V/1k\Omega = 5mA$  となる。非常に微弱な電流であるため、通常のスイッチで問題なく使用でき、リレースイッチも小さいものでよい。

カメラ内部のインバータ素子の伝搬遅れは、標準で 10 ns であり、外部からの信号が規定電圧に達するとこの遅れで次段のトリガ回路へ信号を送る。したがって、カメラ内部ではこうした素子が複数段あり、次々とトリガ信号を伝えて行くので総合遅れは数十 ns 程度となる。カメラ撮影タイミングを総合的に考えた場合、この遅れは十分に精度の高いものと言えよう。

先の図で、トリガ入力段に 1000pF のコンデンサが取り付けられているが、これは外部信号に含まれているノイズを除去するコンデンサである。

## 7. トリガ - TTL レベル信号入力

TTL レベル信号入力とは、トリガ入力部にデジタル素子の信号を使うものである。TTL レベルというのは、0V、5V のパルス信号のことであり（電流も規定がある）、1960 年代後半にデジタル回路が開発されたときに整備されたデジタル規格（TTL = Transistor Transistor Logic 規格）である。この規格では、0V（0V~0.6V）を信号「0」とし、5V（2.0V~5V）を信号「1」としている。1990 年代より、消費電力が低くて高速性能の CMOS 素子が急速に普及し、コンピュータを始めとするデジタル回路はほとんどが CMOS デジタル素子に変わった。しかし、デジタル信号は旧来の TTL 規格を踏襲して、5V パルス信号を使うことが多い。

トリガ信号として使用される TTL レベル信号は、信号が 0V から 5V に立ち上がる「立ち上がり信号」（Active High、Edge High）か、「立ち下がり信号」（Active Low、Edge Low）のいずれかを用いる。

下に示したタイミングパルスジェネレータは、デジタル素子を使ったパルス信号発生器なので、こうした装置ではカメラトリガ部に BNC ケーブルで直接接続してトリガをかけることができる。

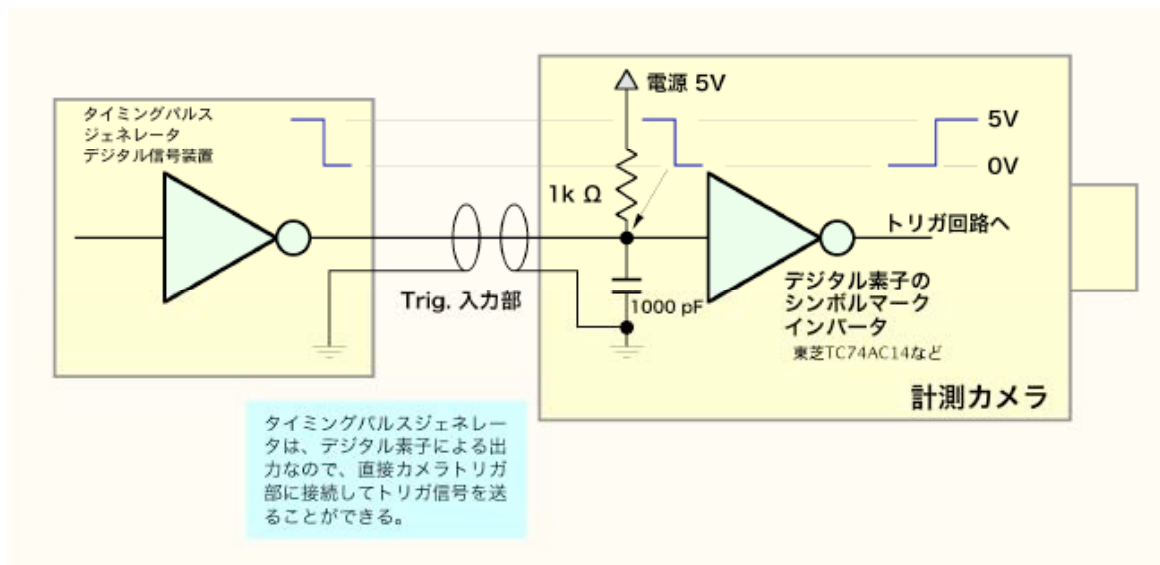


トリガ信号発生装置として有名な、Stanford Research 社製 DG535。

任意のタイミングで任意のパルス中で TTL レベルのトリガ信号を出力することができる。

出力チャンネルは 4ch あり、計測カメラの他、ストロボや現象に信号を与えることができる。

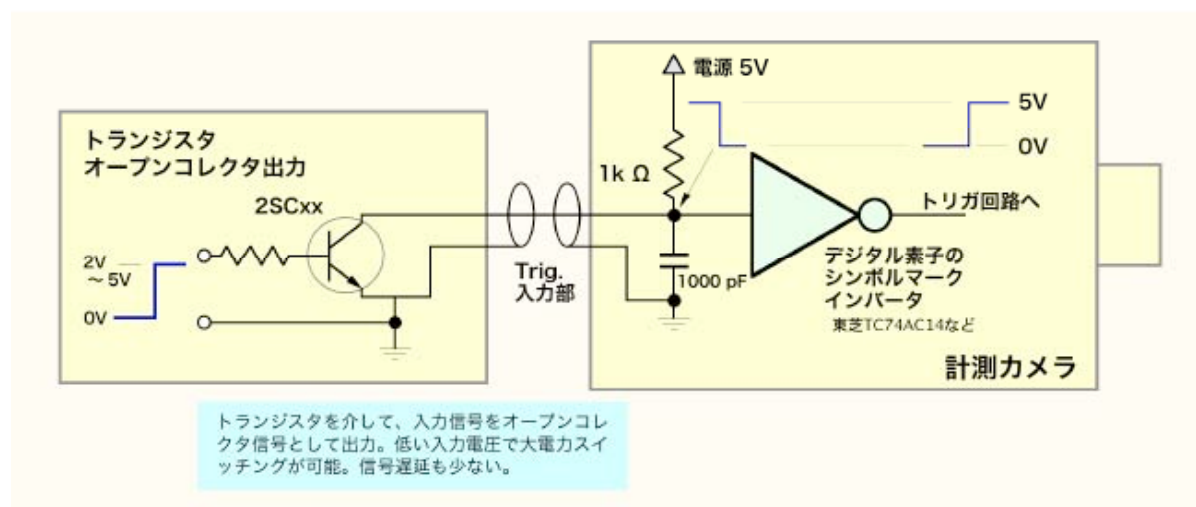




タイミングパルスジェネレータは、上図に示す如くデジタル素子を使っているので、信号の伝搬が極めて速く、信号の遅れは1素子10ns程度である。従ってトリガ信号を検知してカメラにトリガ信号を送る遅れは極めて短く、多く見積もっても100ns以下となる。手動スイッチよりもリレー接点よりも桁違いに速い。

### 8. オープンコレクタ出力

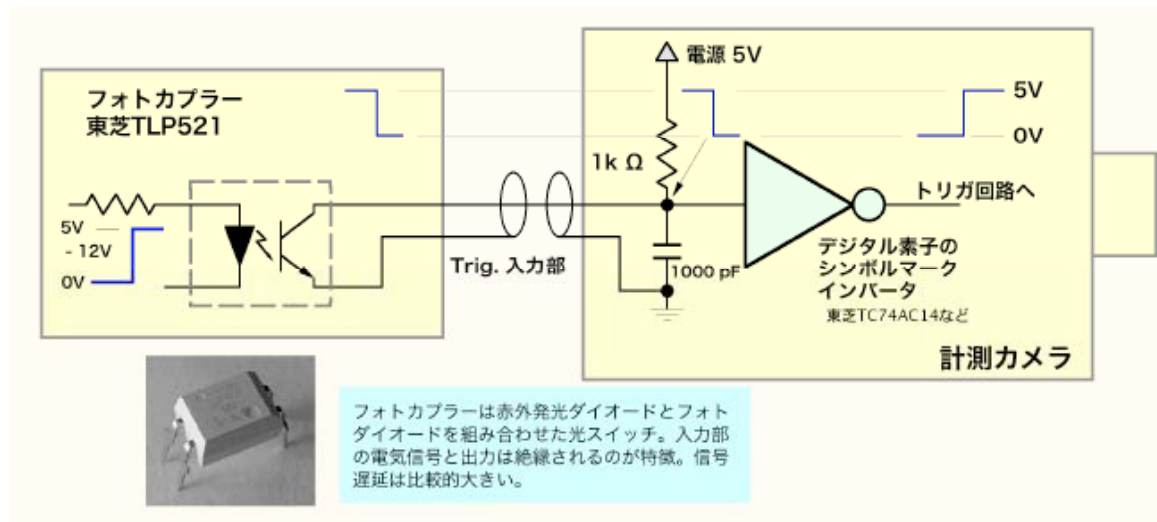
オープンコレクタ出力は、トランジスタのスイッチ出力である。リレー素子が電磁作用によって機械式接点を駆動するのにに対し、オープンコレクタ出力は機械の動きがないため動作が速い。また、素子に流せる電流も電圧もトランジスタのタイプを変えることにより自由に選択できる。信号の遅れもサブマイクロ秒程度と速い。ただ、カメラトリガ信号はそれほど大きな電圧と電流を使わないので、多くの場合、次ぎに示すフォトプラー出力を用いる。フォトプラーは、入力部と出力部が電氣的に絶縁されているためノイズの心配がない。



9. フォトカプラー出力

デジタル信号の伝搬によく使われるのがフォトカプラーである（下図参照）。フォトカプラーは、素子の内部に赤外 LED とフォトダイオードを配置し、入力信号によって赤外 LED が発光し、その発光をフォトダイオードが検知してスイッチングを行うものである。ダイオードはオープンコレクタ出力となる。入力と出力が電氣的に絶縁されているので、ノイズの心配がなく両者に電位差があっても問題がない。このため、信号インターフェース素子として良く使われる。

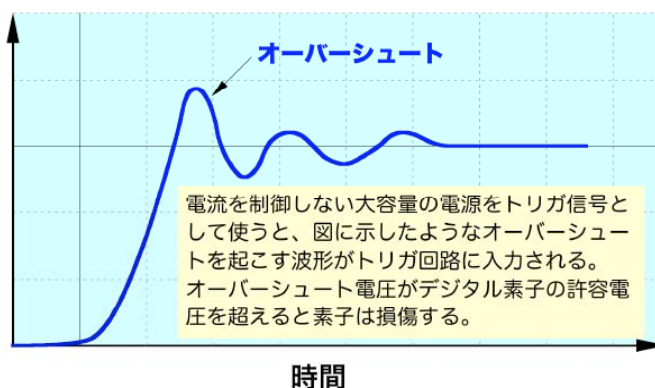
フォトカプラーの問題を強いてあげるとすれば、出力の許容電流が 50mA（印加電圧 最大 50V）と小さく、信号遅れが 3us あることである。TTL レベル信号を直接トリガとするものより桁違いに遅れが出る。しかし、リレー接点素子よりははるかに速くスイッチングを行うことができる。流せる電流（最大 50mA）はデジタル素子をドライブするには十分に容量が大きく、高輝度発光ダイオードの点灯にも使用することができる。



10. トリガ - バッテリ電源を直接トリガとして使えないのか

トリガ信号として、バッテリーからの電源を直接入れても良いのだろうか。結論からいうと、絶対してはならない。理由は、以下による。

- ・ たとえ 5V のバッテリー電源であったとしても、バッテリーには大容量の電気エネルギーが蓄えられているので、デジタル素子に直接接続すると、素子を焼損するおそれがある。
- ・ トリガ端子に電流を絞っていない電圧が印加されると、突発的に高電圧が発生して（オーバーシュート）、トリガ素子を焼損することがある。



トリガ信号を受けるカメラ側の入力回路は 5V で動くデジタル素子で、カタログを見ると最大入力電圧は 7.0V となっている。この値を超えた電圧は瞬時たりとも流してはならないと注意書きがしてある。従って、バッテリーを直接カメラのトリガ入力に接続すると、オーバーシュートやターミナルの接触時におきるスパイク電流によって高電圧が発生し、トリガ入力段の素子を破壊させる。

#### 11. トリガ - センサー信号をトリガとして使う

光センサーや圧力センサ、位置センサなどを使ってカメラにトリガをかける応用が数多くある。こうしたセンサーには、以上述べてきたようなトリガ出力機能を備えている。そうしたトリガ出力の電気的特性を十分に理解して、カメラの正しいトリガ設定を行う必要がある。

#### 【関連製品】

- ・ トリガスイッチケーブル  
<http://www.anfoworld.com/Anfi.html#TSC15>
- ・ トリガ信号変換 Box  
<http://www.anfoworld.com/Anfi.html#TSC-01>
- ・ フォノセンサー  
<http://www.anfoworld.com/Anfi.html#PnS-01>
- ・ レーザセンサー  
<http://www.anfoworld.com/Anfi.html#LS650-01>
- ・ 2ch 信号変換 Box  
<http://www.anfoworld.com/Anfi.html#DSC-01>
- ・ 分圧トリガケーブル  
<http://www.anfoworld.com/Anfi.html#DivC-01>

以上