

デジタル一眼レフカメラによる鋼球の自由落下の瞬間写真撮影 — 現象とカメラの同期問題 —

横山直樹（総合科学技術研究所）

Synchronization of Digital Camera and Event in Windows and Linux Environment

Naoki Yokoyama (Research Institute of Science and Technology)

キーワード：デジタル一眼レフカメラ 自由落下 同期

Keywords: Digital Camera, Free fall of steel ball, Synchronization

Abstract

Suitable synchronization between camera and free fall event was discussed. Digital camera and event trigger were both controlled by PC. Under semi real-time OS such as Linux, it was much better method to synchronize camera and event.

1. はじめに

比較的あたらしいデジタルカメラ（一眼レフタイプに限らない）では、カメラ本体に USB インタフェースを備えるものが多い。その第一の目的は、Windows や MacOS から接続したカメラをストレージデバイスとして認識し、カメラ内部に保存された画像を PC 側から読み込むことを簡単に行うためである。さらに USB 経由で制御することができるカメラも多数存在する。カメラを PC 等から制御する目的で、各社は自前のアプリケーションを開発するための SDK (Software Development Kit) を配布している場合がある。具体例としては、Canon 製のカメラ (EOS シリーズ) に対しては、EDSDK という SDK が配布されており、これを用いて PC からカメラに対して多様な制御を行うことが可能である。ただし残念なことに、Canon は日本国内ではこの EDSDK をサポートしておらず、入手等に工夫が必要である。また USB 経由でカメラのシャッター制御を行い、現象との同期をはかる場合には、そのタイムラグが問題となる。本論文では、対象現象として鋼球の自由落下を取り上げ、EDSDK を使ってカメラのシャッター制御を行った場合、カメラのレリーズ接点のオン-オフを PC から制御してシャッター制御を行った場合を Windows あるいは、Linux で実験し、瞬間写真の同期において最適な手法を比較検討した。

2. 実験方法

本研究で用いた対象現象は直径 25.5mm の鋼球を白色塗装したものを、直流リレーから取り外した電磁石でつり下げておき、その励磁電流をカットした際の自由落下であった。PC 側からの制御回路を Fig. 1 に示す。ここで電磁石（コイル）と並列に入っているダイオードは誘導逆起電力による回路の損傷を防ぐためのものである。Vcc は Fig. 2 にあるように 28V 程度で十分に鋼球の吸着が可能であるから、Fig. 1 のようにディスクリートのトランジスタでドライブするのではなく、オープンコレクタ型の外部 I/F であれば、直接 I/O カードからドライブすることもできる。後半のレリーズコントロールの際は、そのようにした。

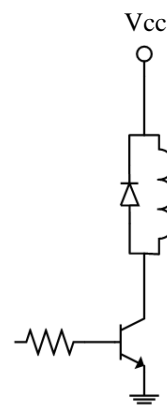


Fig. 1 Schematic of solenoid driver circuit

Fig.2 において、図右側のスケールは位置の概略を測定するために配置している。また長さの校正のためにも使用した。カメラのシャッター制御は、EDSDK によるものと、リリースを I/F を介してオン・オフする二つの方式を用いた。後者は、汎用の DIO ボード(Interface 社 PEX-285122) を用いた。このボードは、Windows のみならず、Linux のドライバも供給されているので、Linux から自由落下とカメラのシャッター制御を行った。

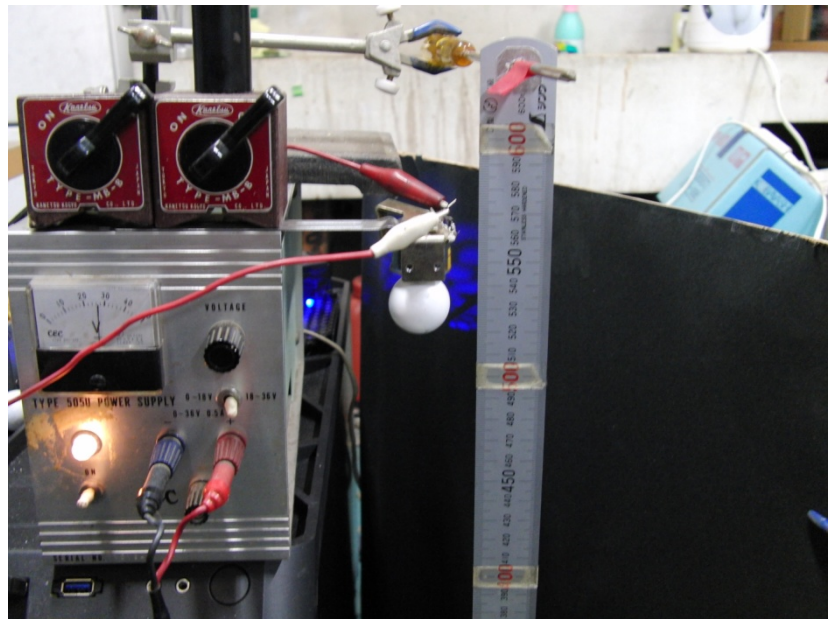


Fig. 2 Schematics of solenoid driver

3. 実験結果

まず鋼球を自由落下させ、適当なディレイタイムの後にシャッターを EDSDK 経由で切ることで瞬間写真を得た。その結果を Fig. 3-1~2 に示す。この時のディレイタイムはゼロ (ディレイ無し) であった。Fig. 3-1 はシャッタースピードが 1/1600 秒の場合、3-2 は 1/3200 の場合である。レイアウト上紙面では鉛直方向が左右方向になっている。左端付近にソレノイドの端面を見ることができる。鋼球はソレノイド端面を離れ、右側へ落下していくことになる。

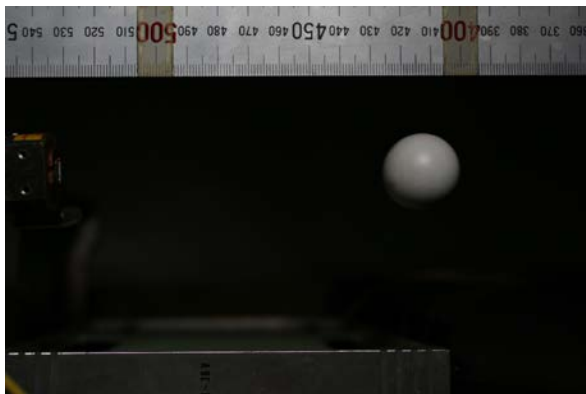


Fig. 3-1 Experimental Result 1 SS=1/1600

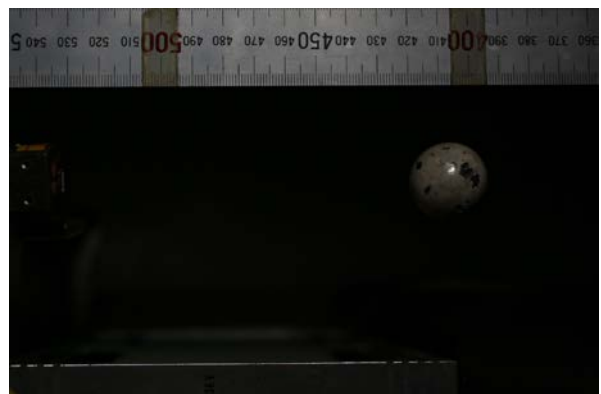


Fig. 3-2 SS=1/3200

シャッタースピードが短くなり、わずかに右側の画像が暗くなっているが、対象物体のブレはほぼ無視できる程度になっている。ここで問題なのは、ディレイタイムがゼロなのに、物体がすでに 115mm 程落下していることである。これは EDSDK のオーバーヘッドによるものと考えられ、タイミングを逆にすることで落下初期の物体を捕らえることは一応可能である。つまり EDSDK 経由でシャッターを切り、その後現象をトリガする。これを便宜上リバーストリガと呼び、通常のトリガをノーマルトリガと称している。リバーストリガで撮影した結果(ss=1/1600)の一例を Fig. 4 に示す。



Fig. 4 Experimental result in case of “Reverse synchronization” $ss=1/1600$

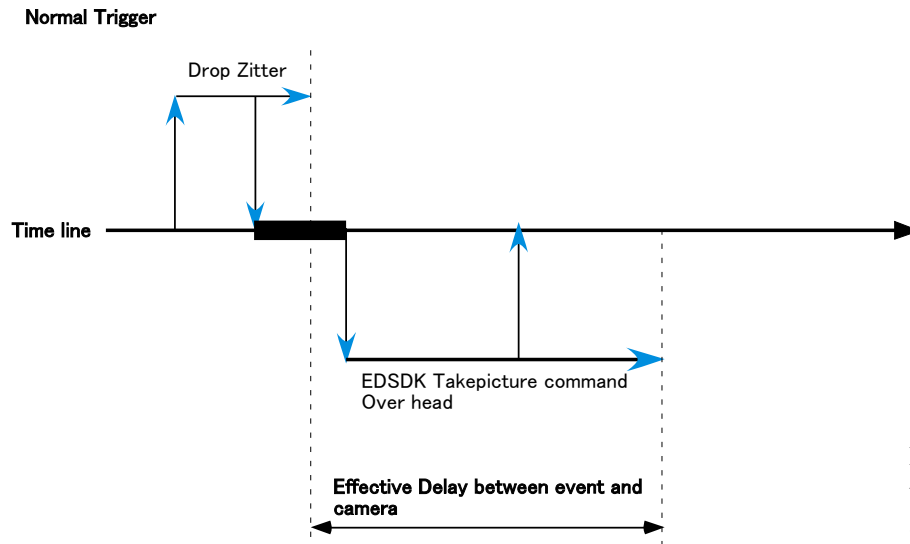


Fig. 5 Difference of effective delay time between “Normal Trigger” and “Reverse Trigger”

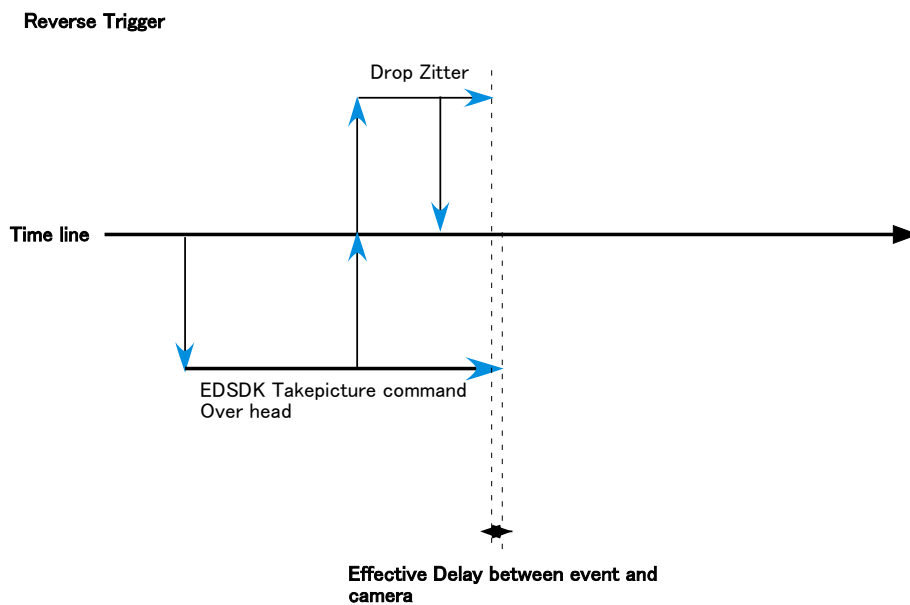


Fig.4 で明白のように、現象の初期が記録できてはいるが、ここからディレイタイムを増加しても、落下位置が上がる（上図では左にずれる）だけである。この関係を図で説明したものが、Fig. 5 である。この図で上側 Normal Trigger の時間軸上の太線部分が CPU による delay time である。Zitter の時間は誇張して描いている。また実際にはこの Zitter 等もばらつきがあることが予想される。

この関係図からわかるように、EDSDK でシャッターを切ることを行う限り、Fig.4 での対象物体と Fig. 3-1 のそれとの中間状態を捕らえることは困難である。もちろんマルチスレッドを利用して、対象物体を落とすことと、EDSDK でシャッターを切ることを別時間軸で並列に行うことができれば、もっと柔軟にデッドタイム（欠落時間）も無く同期が可能となるが、EDSDK のイベント処理の根幹に関わり、これは技術的・時間的な点で困難であった。従って、次に前述の Digital I/O ボードを利用して、鋼球の落下およびシャッター制御の両方を行った実験について述べる。EDSDK を経由する場合は所詮 USB 経由の制御になるので、高速とはいえシリアル制御特有の Zitter やオーバーヘッドが問題となるが、Digital I/O ボードにより直接ドライブする場合は、ソレノイドやカメラ内部での処理のオーバーヘッド以外は比較的問題になりにくいと思われる。カメラのリリース接点を直接ドライブする回路は、フォトカプラ TLP621 を用いて入出力をアイソレートしたものを採用した。回路は単純なものなので、回路図は省略する。撮影結果の一部を Fig. 6 に示す。

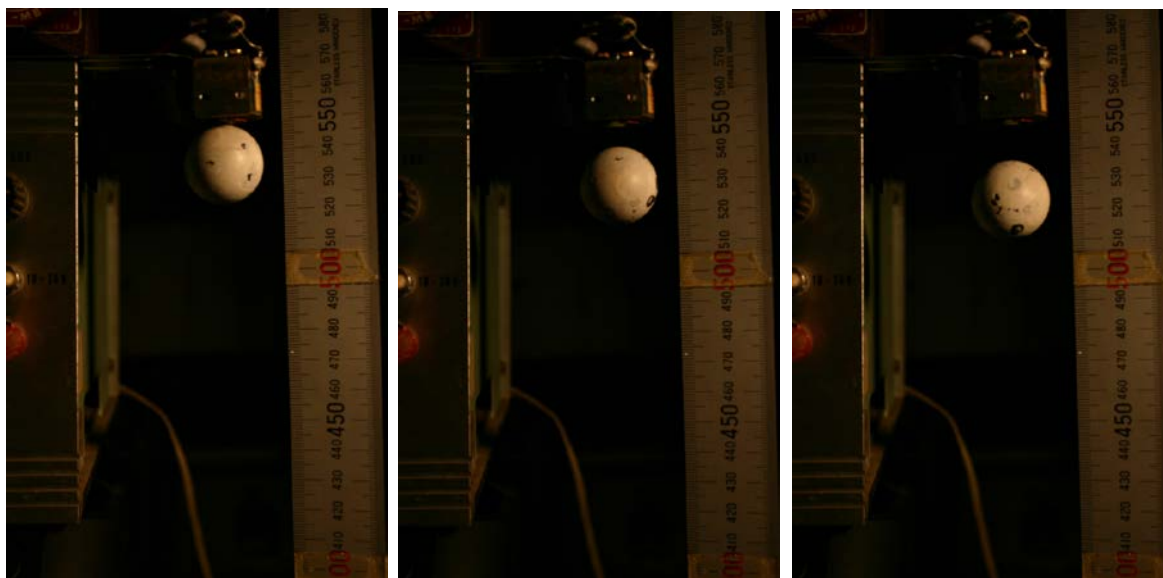


Fig. 6 Experimental Results from left to right delay time was varied

上図に見られるように、現象初期から物体を撮影できている。つまり Fig. 3-2 と Fig. 4 の間を埋めるタイミングでも記録可能であり、瞬間撮影では問題となるデッドタイム（記録不能時間帯）を取り除くことが可能であった。次に、現象初期の一連の撮影から、カメラのリリース接点を直接ドライブした場合のカメラの反応時間を検証してみた。一連の撮影結果（一部）を Fig. 7 に示す。Fig. 6 より若干拡大しているのは、位置＝時間計測精度を少しだけ高めるためである。

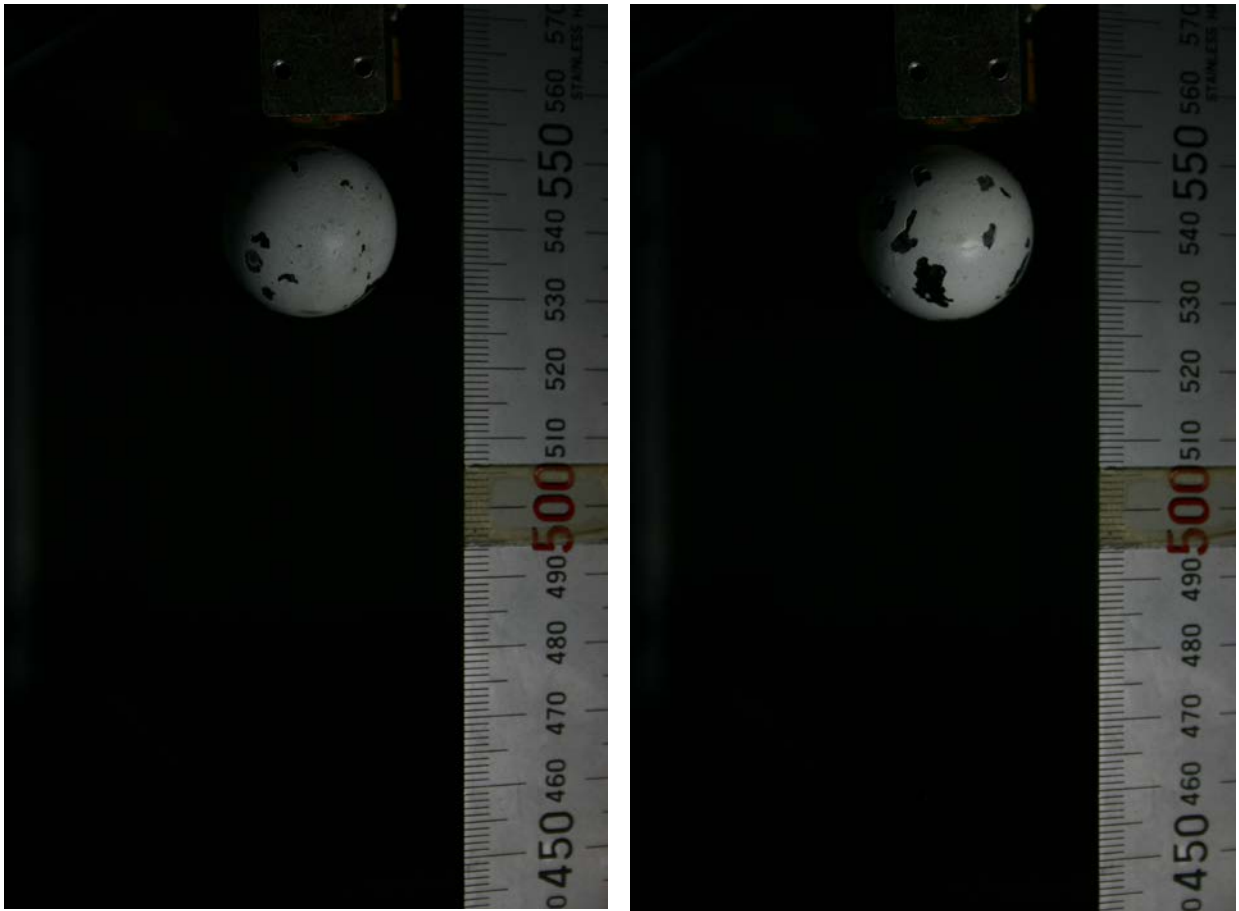


Fig. 7 Experimental Results in case of small delay time

Fig. 7 の撮影結果から、設定遅延時間と鋼球の位置からカメラの応答時間を解析した。カメラの応答時間は機械系であるから、回路の応答時間のばらつきに比べるとかなり大きいと考えられが、結果を表としてまとめると次ページの Table 1 が得られた。この結果から、初期のデジタル一眼レフカメラである、EOS Kiss Digital N は、レリーズ接点をショートしてから約 256ms の遅れでシャッターが切れるということがわかった。カメラには機種固有のレリーズタイムラグ¹⁾ 2) が存在するのであるが、その値の倍の結果になった。正式な公表値や計測方法が定かではないが、値自体を検討するためには、別機種で同様な実験をすることが必要となるであろう。

4. 結論

デジタル一眼レフカメラを PC から制御し、鋼球の自由落下を撮影した。制御は、カメラの USB 端子をカメラ専用の SDK からドライブする方法と、カメラのレリーズ端子を直接電氣的にショートする二つの方法を用いた。前者の場合は、瞬間写真としては致命的な現象欠落時間帯が現れてしまった。後者の方法では現象の駆動順序を工夫することで、比較的自由的な遅延時間を実現できた。カメラの応答時間としては 256ms 程度という結果となった。現象の撮影の場合は、この値を考慮する必要がある。今後は比較的新しいカメラで同様な実験を行い、カメラディレイの比較検討を行い、デジタル一眼レフカメラを PC から制御して瞬間写真撮影を行う場合の同期問題を実験的に検討したい。

Table 1 EOS Kiss Digital Experimental Results

EOS Kiss Digital 計測結果						
exp #	鋼球上縁位置	ソレノイド	落下距離 (m)	換算時刻(s)	デレイ設定 時間(ms)	カメラデレイ (ms)
1						
2						
3	432.5	553	0.121	0.157	100	256.8
4	443	553	0.110	0.150	110	259.8
5	465	553	0.088	0.134	120	254.0
6	468	553	0.085	0.132	130	261.7
7	487.5	553	0.066	0.116	140	255.6
8	497.5	553	0.056	0.106	150	256.4
9	502	553	0.051	0.102	160	262.0
10	517	553	0.036	0.086	170	255.7
11	523	553	0.030	0.078	180	258.2
12	532	553	0.021	0.065	190	255.5
13	534	553	0.019	0.062	195	257.3
14	532	553	0.021	0.065	197	262.5
15	538	553	0.015	0.055	199	254.3
16	535	553	0.018	0.061	202	262.6
17	543	553	0.010	0.045	210	255.2
18	545	553	0.008	0.040	220	260.4
19	550	553	0.003	0.025	230	254.7
20	550	553	0.003	0.025	240	264.7
21	553	553	0.000	0.000	250	250.0
22	551.5	553	0.002	0.017	245	262.5
23	552	553	0.001	0.014	245	259.3
24	552.5	553	0.001	0.010	247	257.1
25	552	553	0.001	0.014	243	257.3
26	552	553	0.001	0.014	240	254.3

参考文献なし URL

- [1] <http://www.h5.dion.ne.jp/~p-taro/kizai/kamera/reri-zutimragu.html>
- [2] http://cweb.canon.jp/pls/webcc/wc_show_contents.EdtDsp?i_cd_pr_catg=%3C%21--%25PRODUCT%20CATG%20CODE%25+-%3E&i_cd_pr=%3C%21--%25PRODUCT%20CODE%25+-%3E&i_cd_qasearch=Q000009125&i_cl_form=%3C%21--%25FORM%20CL%25+-%3E&i_tx_search_pr_name=%3C%21--%25PRODUCT%20SEARCH%20WORD%25+-%3E&i_tx_contents_dir=%2Ffe-support%2Ffaq%2Fanswer%2Fesd&i_tx_contents_file=9125-1.html&i_tx_keyword=%3C%21--%25KEY%20WORD%25+-%3E&i_tx_qasearch_url=%3C%21--%25QA%20SEARCH%20URL%25+-%3E&i_cd_transition=%3C%21--%25TRANSITION%20CODE%25+-%3E&i_fl_edit=%3C%21--%25EDIT%20FLAG%25+-%3E