

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 — 現象とカメラとの同期 —

東海大学 総合科学技術研究所 横山 直樹

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、カメラのリリース接点のオン・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な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。後半のリリースコントロールの際は、そのようにした。

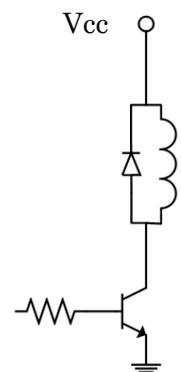


Fig. 1 Schematic of solenoid driver circuit

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、レリーズを I/F を介してオンー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、

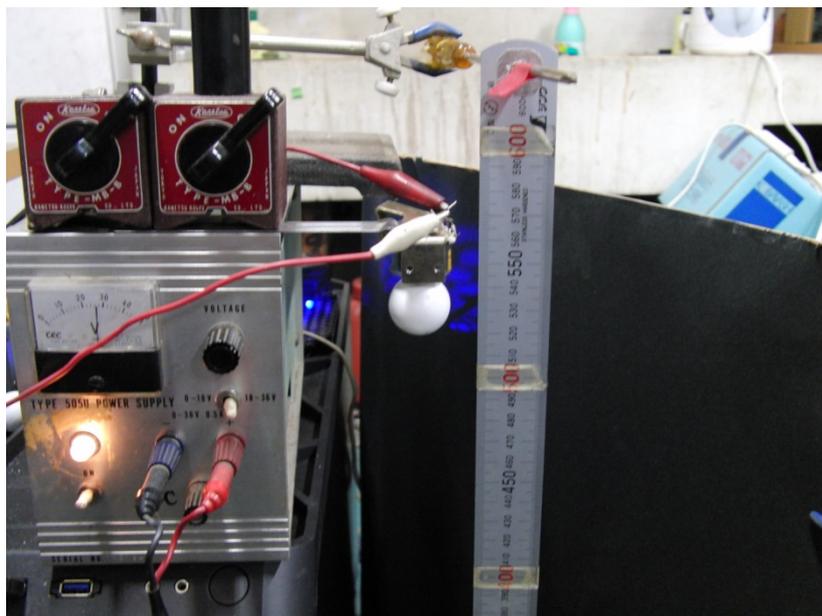


Fig. 2 Schematics of solenoid driver

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。

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 経由で切ることによって瞬間写真を得た。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。

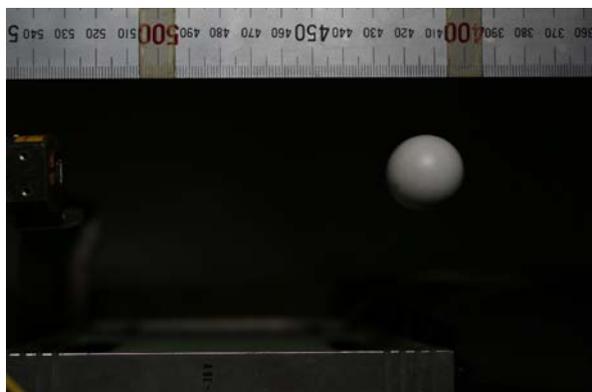


Fig. 3-1 Experimental Result 1 SS=1/1600



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 Trigger” ss=1/1600

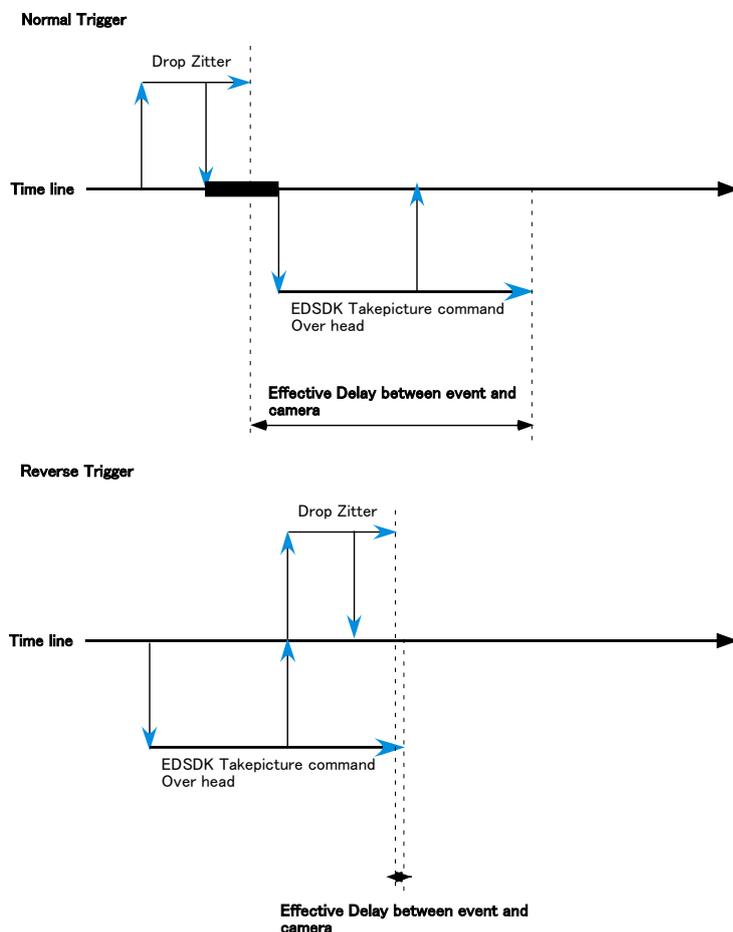


Fig. 5 Difference of effective delay time between “Normal Trigger” and “Reverse Trigger”

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。

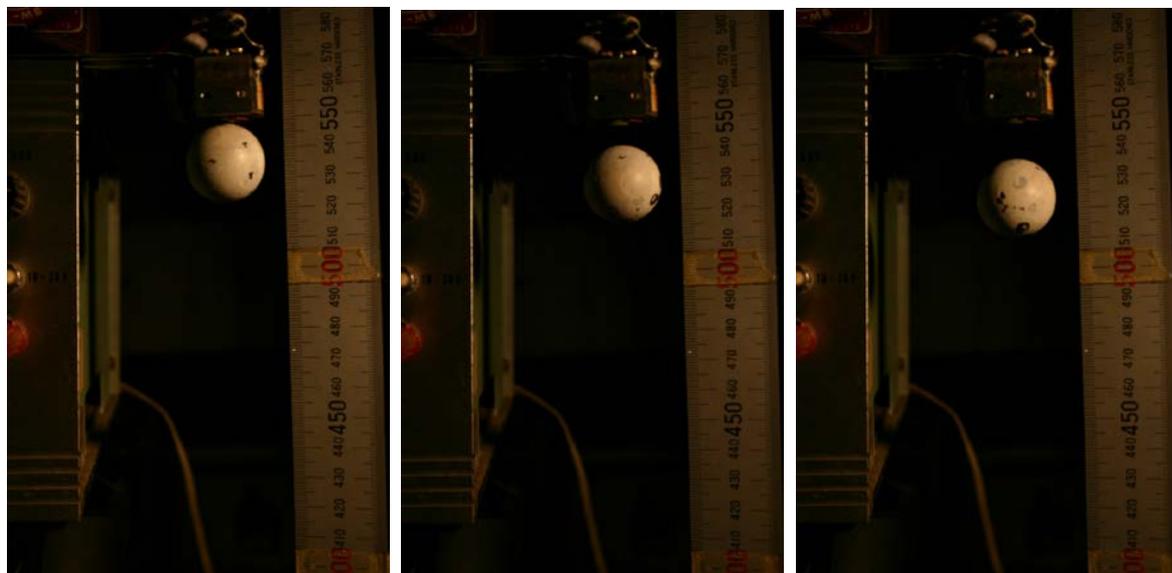


Fig. 6 Experimental Results from left to right delay time was varied

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。

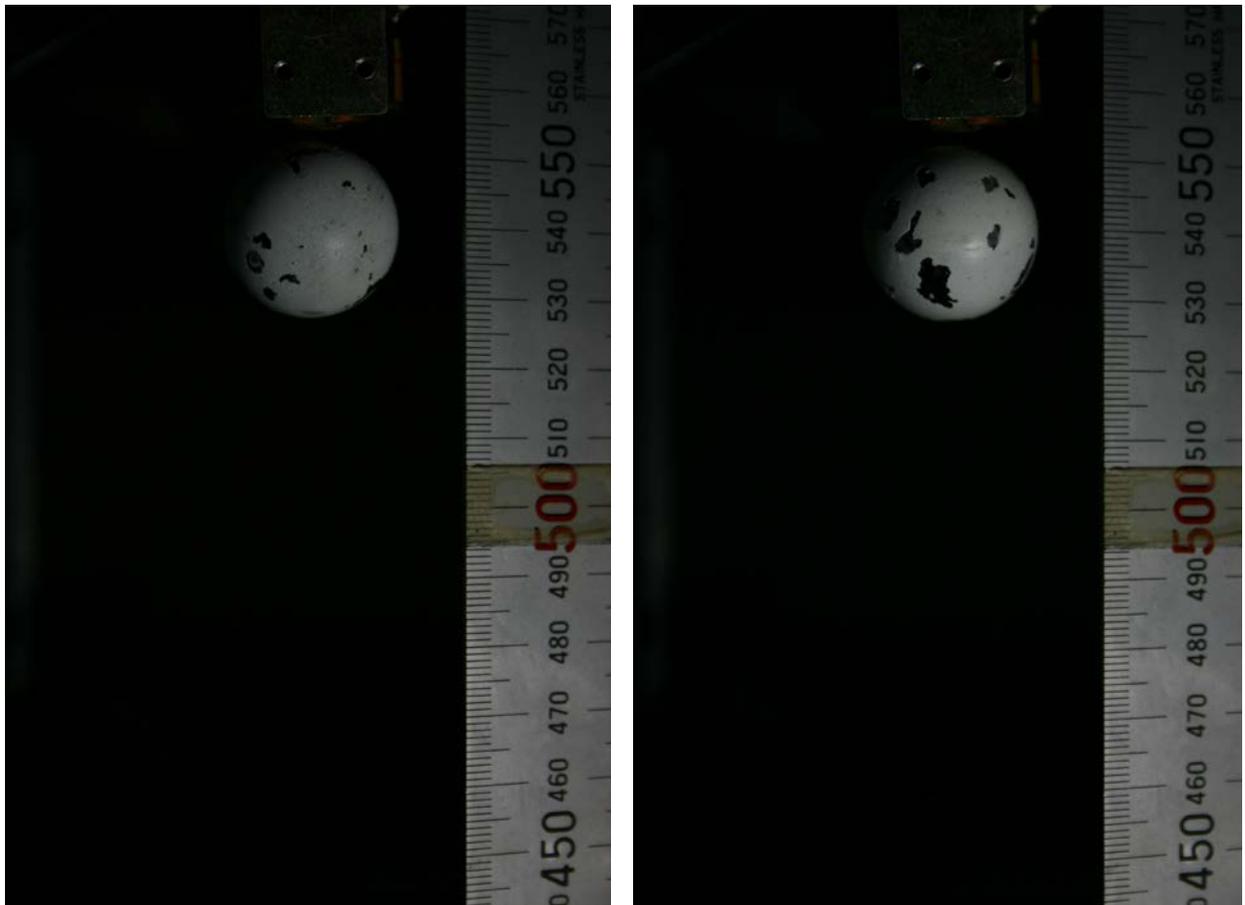


Fig. 7 Experimental Results in case of small delay time

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、リリース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リリースタイムラグが存在するのであるが、その値の倍程度の結果になった。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、カメラのリ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) | ディレイ設定時間(ms) | カメラディレイ (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 |

参考文献ないし URL

[1] <http://www.h5.dion.ne.jp/~p-taro/kizai/kamera/reri-zutimragu.html>