

My Humble Thoughts on Trigger Control in Air Pistol Shooting

エアースト(AP)射撃におけるトリガー操作に関する雑感

Jan 26, 2024 by Masaki Shishiba

0 概要：

射撃訓練の教本などを見てみるとライフルならまだしもエアースト(AP)でも結構な頻度で「トリガーは眞つすぐ後ろに引くべき」と云ふ記述を目にする。そのたびに私はヒトの指はそのような複雑な動作が下意識の元で可能かを疑問に感じて来た。それは訓練を積みば可能かもしれないが、具体的な訓練方法を見たことがないので、自分なりに「トリガーを引く際にサイトラインが乱れない様な引き方をすべき」と考へて白標的に向けてドライファイアする訓練を重視し、「眞つすぐ後ろに引くべき」説を無視して来た。今私のこの内心をここで外に向けて、「トリガーは眞つすぐ後ろに引くべき」説に批判的に書いてみた。

もしかして射撃における「トリガーは眞つすぐ後ろに引け」はトリガーを引く際に横(windage)や上下(elevation)成分の力をトリガーに与へなひやうに引けと云ひたひつもりかもしれない。そもそも大抵のピストルのトリガーブレイドは横方向には動かず、前後方向にしかも回転運動(正確に云ふと「半径数センチメートルの円弧の軌跡をたどる」)しか許さない構造をしてゐる。すでにこのことに気づいてゐる読者はここから先を讀んでも退屈で得るものもほとんど無いと想像する。

1 「トリガーは眞つすぐ後ろに引くべき」説に対する批判：

この説に対して容易に思ひつく問題を 3点ほど以下に述べる。

1.1 作用反作用の法則が無視されてゐる：

AP のトリガー重さは競技規則で 500grams 以上と定められてゐる。仮にトリガーを 525g で後ろに引くとグリップの彼方此方に分散した作用点での力の標的方向成分の合計が -525g でトリガーの動きと反対方向にトリガー時に働かせないと鉄砲は後ろに 500grams 相当後退してしまふはずだが、私の手の平や人差し指(1st finger or index finger)を除く他の指の感覚はそのやうなことが可能なほど繊細ではない。「トリガーは眞つすぐ後ろに引くべき」説はトリガー重さの制限が競技規則にないフリーピストル(FP)ではある程度正しいのかもしれないが、AP では大いに疑わしい。

1.2 「眞つすぐ」とはどのやうな運動か：

まず、標的と鉄砲を結ぶ線(y 軸)と鉛直線(z 軸)を含む平面(y-z 座標)上でのみ議論する。「眞つすぐに…」と云はれてもターゲットの向きと平行な直線運動を「眞つすぐ」と云つてゐるのかそれともトリガーブレイドが描く円弧に沿つた円運動を指してゐるのか不明だ。前者の引き方をすると、少なくともトリガーのピヴォットがトリガーブレイドより上にある構造(つまり、トリガーブレイドの軌跡が下に凸の円弧を描く)の鉄砲では銃口が下方向に少しそれ

るはずだ。しかし、大抵のピストルでは人差し指がトリガーブレイドの軌跡の円弧の接線 (tangent) に平行に近い力が働く設計(つまり人差し指は鉄砲と標的を結ぶ線(または y-軸)に並行でなくやや下向き)になってゐるので、「やや上向きの成分を含む後ろ方向に引く」ことを設計者は想定してゐるやうに見へる。

y-z 面上では「眞つすぐに」は誤で「トリガーブレイドの円弧運動の接線(図 1.2 中の赤色矢線)に対してできるだけ平行に」が正だと云へる。

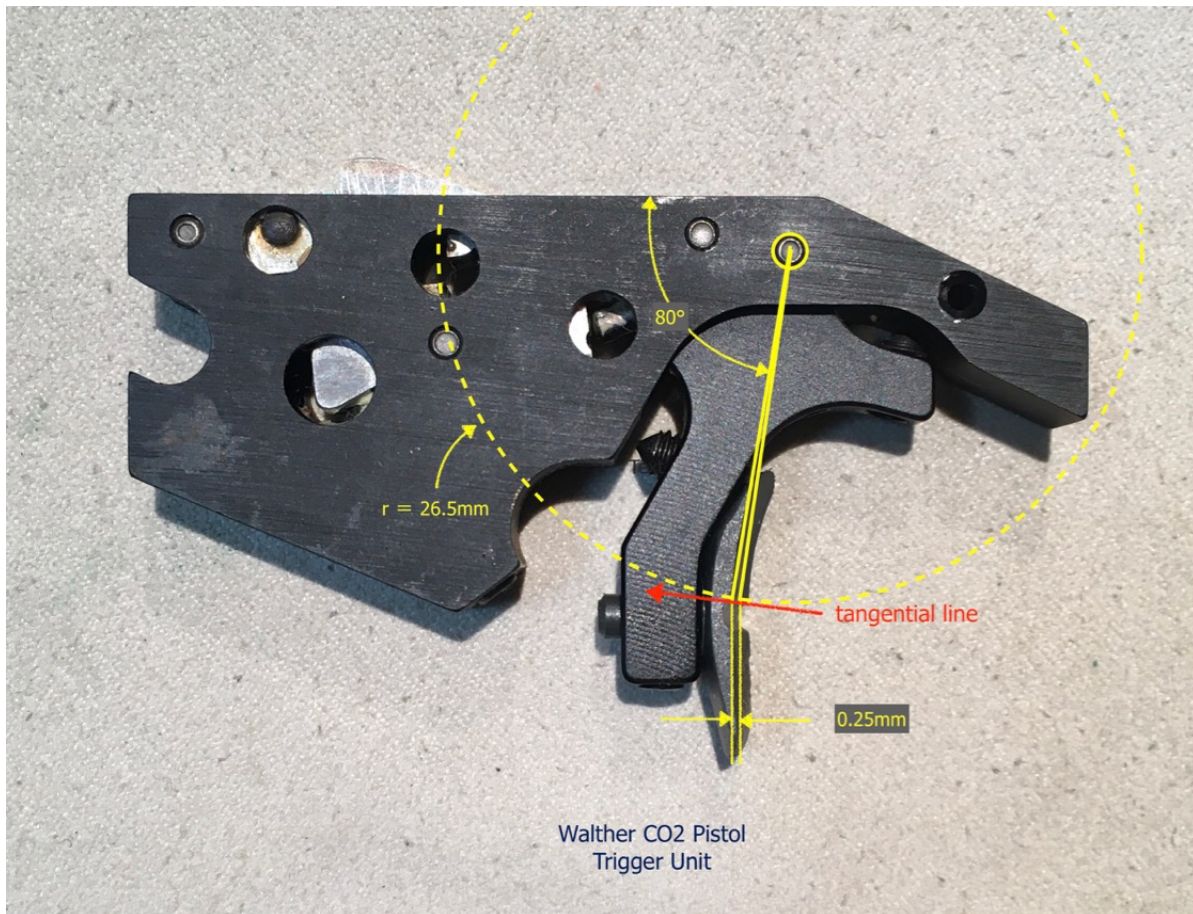


図1.2 トリガーのピヴォットがトリガーブレイドより上にある場合(Walthehr CPM-1)の運動
(注意: ここに示した寸法や角度は一例であり、メーカー、モデルそれにトリガーブレイドの位置に大きく依存する

0.25mm は遊びを含んだリリースまでの長さ)

y-z 平面に投影

1.3 x-y 平面上で「真つすぐ」引く際の人差し指の各関節の動き：

次に、標的と鉄砲を結ぶ線(y 軸)と水平線(x 軸)を含む平面(x-y 座標)上でのみ議論する。 <https://tachrifle.sakura.ne.jp/photos/a.html#fingerMoveInApTriggering> を見るとわかるやうにトリガーを x-y 平面上で y-軸に並行に引く際に第一関節(DIP joint) と第3関節(MCP joint)は開き、第二関節(PIP joint)のみ閉じる向きに動く。私は神経を集中し、目で指の動きをチェックしながら、しかも極めてゆつくり(数秒をかけて)であればこの複雑な動きを自分の人差し指にさせることが可能だが、鉄砲がターゲットのセンターに向いたことを目が検出した時点からこのやうな面倒な動きは到底できない。この複雑な動きを下意識のもとで 0.1秒のオーダーの時間内できるヒトなど存在しないのではなだらうか。

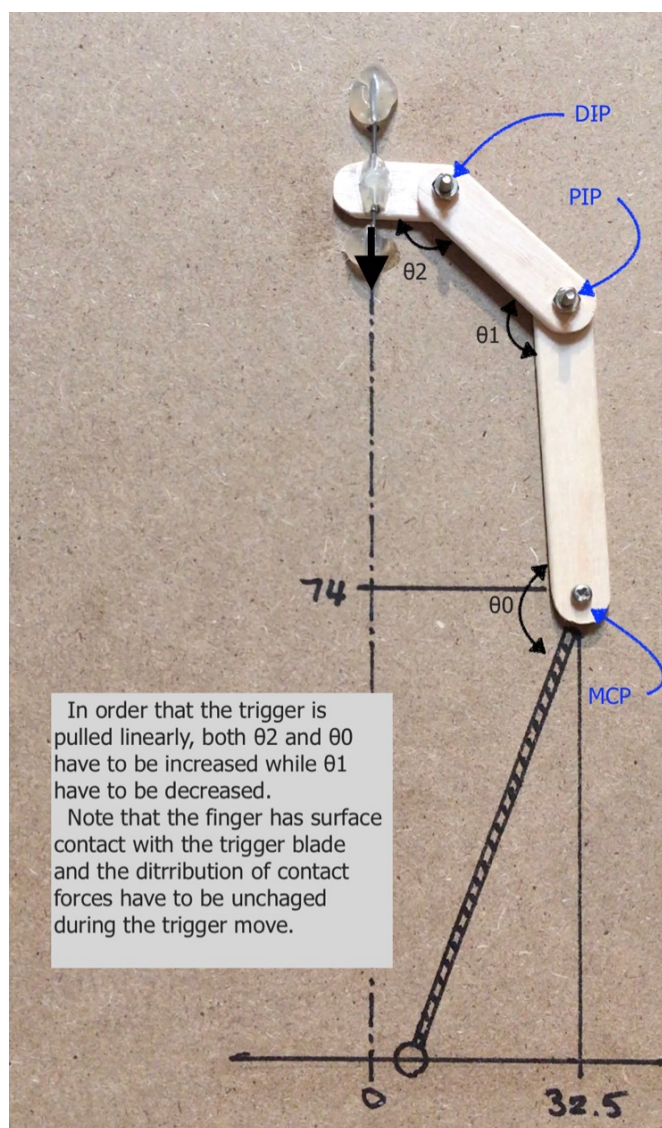


図1.3a トリガーステイドと指とのコンタクトを一定に維持しながら真後ろに引く際の指関節の動き、x-y 平面と x-軸周りに 12.5° ほど傾いた面に投影

図1.3a にある人差し指の模型は筆者の実際の右手人差し指から寸法を測り、トリガーブレードと指のコンタクト面の中心を直角に通る y-軸に平行な線から DIP までを10mm、DIP-PIP 間を25mm、PIP-MCP 間を45mm そして MCP の座標を (32.5, 74)で作成した。

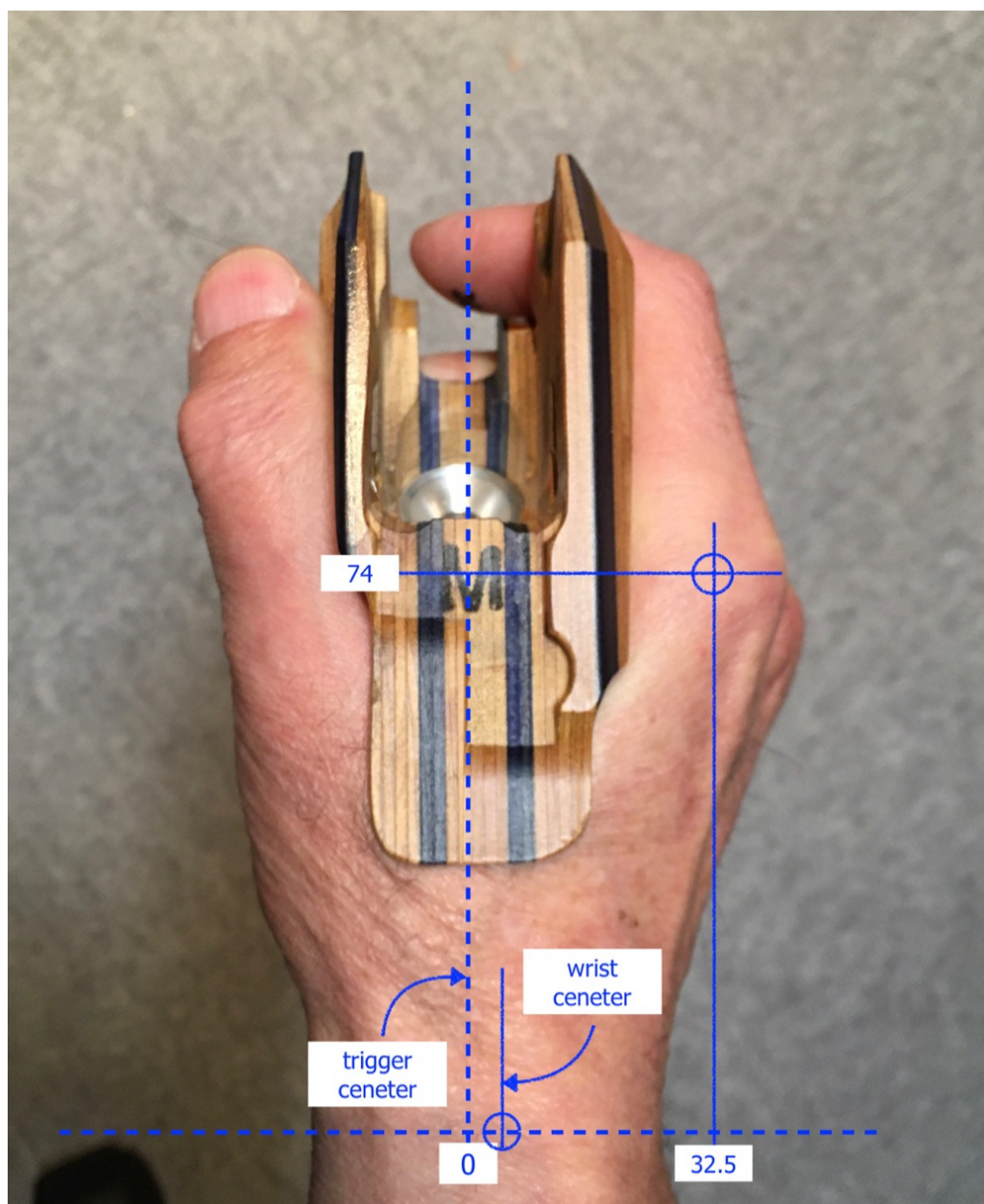


図1.3b Walther LP300 のトリガー中心線、人差し指の MCP それに手首中心線の位置、
(注意:人差し指の MCP より先は下に 12.5° ほど傾いてゐる)
x-y 平面に投影

2 直線運動を円弧運動で近似するトリガーコントロール

x-y 平面上で「真つすぐ」引くことは 1.3 で述べたとおり、ピストル競技では断念すべきほど困難な動作だ。ピストル競技では「接線が y-軸と並行な円弧を描く指先で」無造作に素早く引くのが現実的なまたは正しいトリガーコントロールではないだろうか。

PIP-MCP 間(第二関節と第3関節の間)を鉄砲から浮かせるべきと指導してゐる教本がほとんどだが、それは y-軸並行運動を諦めて円弧運動で近似するトリガーコントロールを選択した射手にとっては不要と云へる。その部分を浮かせないグリップの仕方ではより精密なトリガーコントロールが可能になる。これらの両者間では着弾点(Point of Impact)は多少異(例: 1-1.5ring 相当)なると想像できる。直線運動を諦めると決めた射手には浮かせないトリガーコントロール法の選択が許されると云へないだろうか。

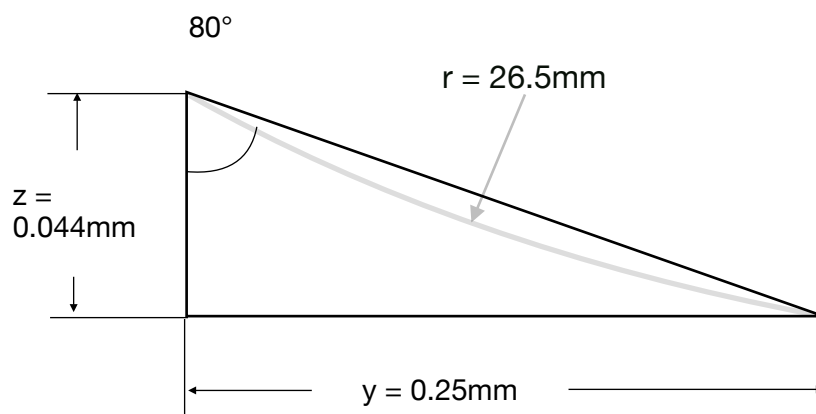
2.1 直線運動を円弧で近似する場合の誤差

トリガーブレイドと指先の腹が接する部分(トリガー作用点)が円弧運動しながら約 500+ グラムフォース(gf)の力がかけられるとその内の x-軸方向と z-軸方向のそれぞれの成分の力が鉄砲を左右や上下にそらす作用を限られた距離内でのみではあるがもたらす。それらの距離がどれほどかを考察してみる。

2.1.1 上下方向の誤差

図 1.2 の接線部分の微小な円弧を直線で近似して以下のスケッチのやうに表はせる。その場合の z-軸 方向に生じる誤差は

```
> (* .25 (tan (deg-to-rad (- 90 80))))  
0.044081744
```



人差し指の下がり具合が 10° の場合では上方向に 0.044mm 誤差が生じ、この方向の力の成分は引き金重さが 525gf なら

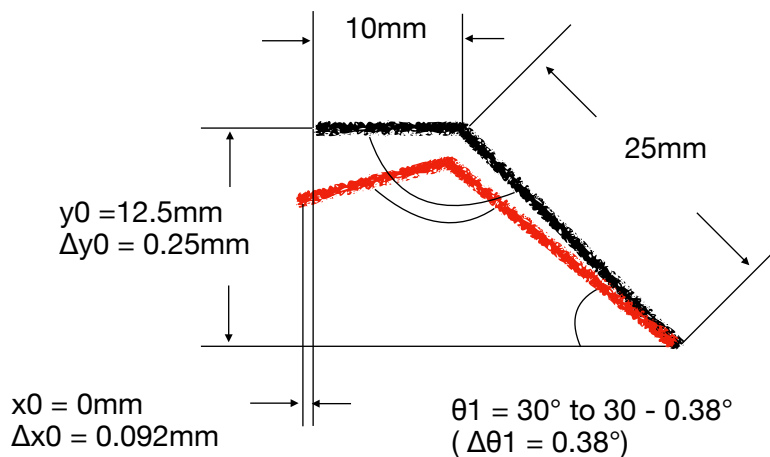
```
> (* 525 (sin (deg-to-rad (- 90 80))))  
91.16529
```

約 90gf となる。

2.1.2 左右方向の誤差

トリガーがリリースされるために y 軸方向に仮に 0.25mm の変位が必要であり、DIP は 150° 固定、PIP は 30° から -0.38° だけ動くと、指先の肉の凹み量を無視すると、トリガーブレイドは y 軸に平行に 0.25mm、x 軸に平行に 0.092mm 動く。

この 0.1mm 弱の横方向に働く力、その量は約 190 gf となる。この値は上 2.1.1 で述べた下方向について円弧運動で生じる誤差の 90gf と比較すると倍強の割合に相当する。



3 人差し指の腹(ball of index finger)が剛体でなくて弾性体であることによる効果：

前の章では人差し指の腹が金属製などのロボットのものだ仮定して、x と z 軸方向にそれぞれ 0.092mm と 0.044mm の行程の最後付近でそれぞれ 190gf と 90gf の力がトリガーブレイドに働くと結論した。しかしヒトの指は骨の周りに柔い組織(肉?)を持つのでこれらの変位や力を正確に感じられないし、指先の変位の多くが指腹の柔らかい組織に吸収されると想像する。それであれば、「真つすぐに引く」動作を試みたところで、それが達成されてゐるかをチェックできるほどヒトの指は敏感ではないだらう。もしかすると「真つすぐに引いた」つもりでも、円弧運動より大きい x や z 軸方向の力をかけてしまつてゐる。かやうな譯で、円弧運動により x 軸と z 軸方向に生じる余計な力による POI への影響を考察する必要性をあまり感じない。とは云へ、ほんの少し考察を進めてみる。

3.1 人差し指の腹(ball of index finger)の硬さ(stiffness)の測定：

トリガーブレイドが y-軸方向に動く距離を CPM-1 のトリガーユニットを例に遊びを含めて 0.25mm として前章までは議論した。ではそのために指はどれほど動く必要があるかを知りたくなる。指の腹は 525 grams の力でトリガーブレイドに押し付けられるとどれ程凹むかを筆者の指と CPM-1 のトリガーブレイドについて測定してみた。このトリガーブレイドは指の腹に当たる面が 12° 傾いてゐる最近は見かけないタイプだ。幅は 10mm で最近のものと同様だ。

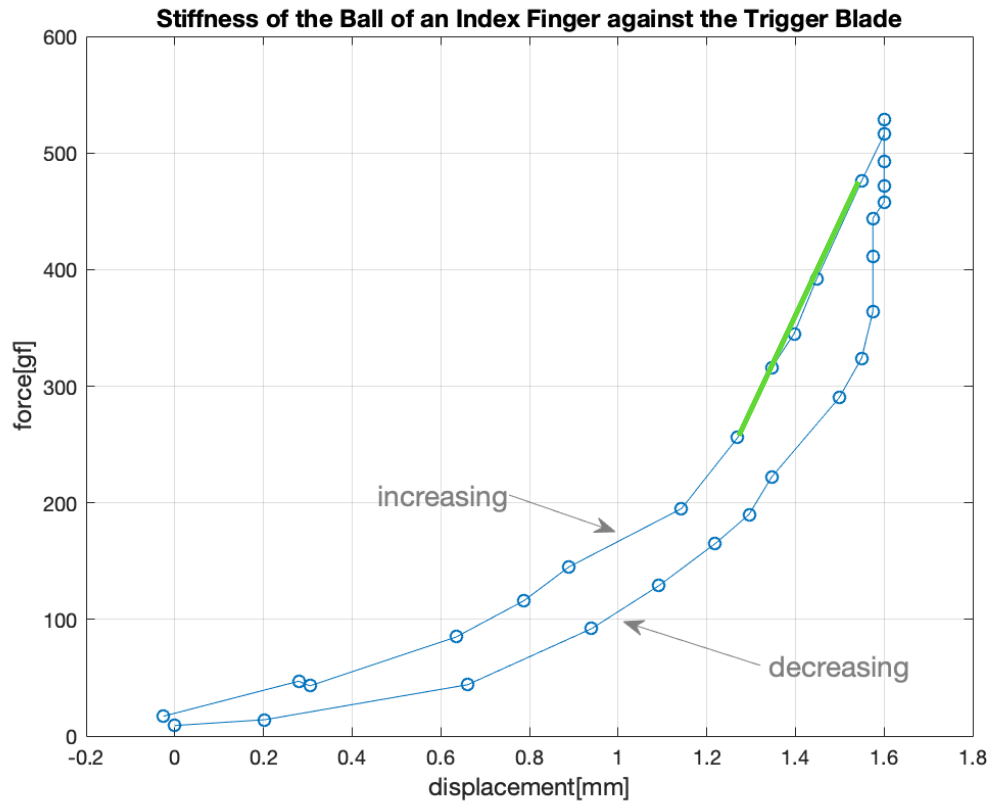


図 3.1 人差し指の腹のトリガーブレイドに対する弾性特性の一例

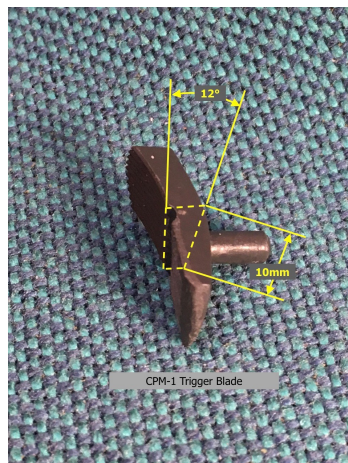


図 3.2 弾性特性の測定に供したトリガーブレイド

3.2 トリガーリリースに必要な人差し指の y-軸方向の移動距離：

大抵の射手はトリガーのファーストステージ遊び(slack)のバネ力を 100 から 200 グラム辺りにしてあると思はれる。図 3.1 の増加(increase)曲線のこの値に相当する距離、それらは 0.7 から 1.1mm、から 525 グラムに相当する 1.6mm までの距離は 0.9 から 0.5mm と読みとれる。この距離にファーストステージ遊び 0.25mm を加へた 1.125mm から 0.75mm が指(の骨または爪)がトリガーリリースのために必要な動く距離だ。

3.3 トリガースプレッドに働く人差し指の動きの x-軸方向の成分について：

ヒトの人差し指の骨(または金属製ロボットのトリガースプレッドに当たる作用点)はトリガーを(そもそも不可能と思へる)まつすぐでなく円弧の運動で操作する場合、x-軸方向にも動く。この際に x-軸方向に働く力 F_x は、変位の x-軸方向の成分を Δx ヒトの人差し指の腹の肉の弾性係数を k とすると、

$$F_x = \Delta x \times k$$

上の式に $\Delta x = 0.092\text{mm}$, 弾性係数 k は図 3.1 のグラフの increasing 曲線の傾きの最大値(緑色の直線で示した)が 789[g/mm]と読みとれるので、

$$F_x[\text{gf}] = 0.092[\text{mm}] \times 789[\text{gf/mm}] = 73[\text{gf}]$$

73gf となり、ロボットの硬い指の場合の 190gf よりだいぶ小さい値となる。

3.4 ポイントオブインパクト(POC) が円弧運動のトリガーコントロールでどれほどそれるか：

POI への円弧運動のトリガーコントロールがどれほど影響するかを知るためには少なくとも手と鉄砲を一體の剛体と考へ、手首を軸とした慣性モーメントとトリガーコントロールにおける速度(つまり、0.25mm の距離がどのやうな速度または加速度で射手によつて引かれるか)が必要となる。前者は計算でも実測でも求めることが可能だが、後者は変位計、加速度計または高速度ムービーカメラが必要なので、今回は諦め、別の機会に議論したい。

4 考察:

今回の議論ではポイントオブインパクト(POC) が円弧運動のトリガーコントロールでどれほどそれるかにまで及ぶことができなかつた。とは云へ、綺麗な円弧運動ができたとするとそのによる誤差は 0.092mm 程度であることがわかつた。直線運動派の射手は果たしてこの値よりも小さい誤差でトリガーコントロールができてゐるか興味がある。直感的には、「0.092mm の数倍の誤差が出ており、円弧運動派のほうが直線に近いコントロールが出来てゐる」のではと思ふ。トリガーユニットをロードセルに乗せて実測すればこの勝負の決着を付けることは可能だ。

おわり