

射撃関連トリヴィアシリーズ其の二

ライフルブリットのジャイロスコピックスタビリティ(Sg) の 1.3 - 1.4 は OK でない
Rifle Bullet's Gyroscopic Stability(Sg) 1.3 - 1.4 is not OK

Jan 11, 2025 by Masaki Shishiba

0 概要:

知つてゐる人には当たり前の知識だが稀に知らない人が居るかも知れないと云ふ程度の知識を思ひ付くままに書いたシリーズです. 射撃に無縁な人に自慢げに話す際には有効と云ふ程度 of 話題です.

今回の話題は「ライフルブリットのジャイロスコピックスタビリティ(Sg) の 1.3 - 1.4 は OK でない」です.

1 ジャイロスコピックスタビリティ(Sg):

ライフル銃とそれに適合したファクトリーロードされたカートリッジを使用する場合には気にしなくても良いが自分でカートリッジを作つたりバレルを正規のとは異なるチェインバーやツキストで特注する際に知っておくべき「ブリットの先端が前を向いて飛行する」指標(or 目安)に Sg があります.

Sg はブリット製造会社やカスタムライフル製造会社の web 頁上の Sg 計算機(Sg calculator)でキャリバー, バレルのツキスト, ブリットの概要のデータ, 初速, 気象データ, 標高を入力すると即座に求めることができます. そしてこれらの web 上の説明は 1.0 - 1.5(or 1.4) は微妙で 1.5(or 1.4) - 2.5(or 2.0) が安定と書かれてゐます. 1.5 よりやや小さい 1.3 - 1.4 とか 2.5 より大の場合はどおなのかと云ふ疑問をもつ人が居ます.

参考: web 上の Sg 計算機の例: <https://www.jbmballistics.com/cgi-bin/jbmstab-5.1.cgi>

2 Sg 値の安定と云へる範囲に関するセカンドオピニオンズ:

軍の射撃専門家や今時のアマチュアの弾道研究家の多くは Sg の 1.5 は必須であり, 2.5 以上も可と言つてゐます. そもそも Sg を求める式は Greenhil や Miller 等が作つたり改良した起源が mid-1800s のジャイロ運動安定性を概算するものであり, ブリットの質量分布的精度(回轉バランスとも呼べる), スピン軸上とそれと交差する軸上の慣性モーメント(Ix と Iy), 飛行距離, 遠心力でブリットが変形するスピン速度 等を必要としない式です.

「従來の Sg の計算式はブリットの限られたデータしか使はないので誤差を多く含む. この指標に頼るなら最小値を 1.5 とせよ」とこれらの現代の専門家は言つてゐると私は解釈してゐます.

2.1 James A. Boatright の Sg に対する見解:

James A. Boatright と云ふ昔 *Precision Shooting*(2012 に廃刊になつたベンチレストシューター対象の雑誌) に記事を投稿してゐたアマチュア弾道研究家が *Thoughts on Dynamic Stability of Rifle Bullets* で次の Tri-Cyclic Theory の式

$$\omega_1 + \omega_2 = (I_x/I_y) * \omega \quad \text{Eq. 0}$$

$$R = \omega_1/\omega_2 \quad \text{Eq. 1}$$

$$Sg = (R + 1)^2/(4*R) \quad \text{Eq. 2}$$

ここで、 ω_1 と ω_2 はそれぞれコマ運動(gyroscopic precession)の章動(nutation) とコマ運動のそれぞれ角速度、 ω はスピンの角速度。

を冒頭に揚げ Sg よりも R の方がジャイロスコピックスタビリティに根本で影響してゐると書いてゐます。

余談ですが、私は昔回転体(数万rpm)に実装する電子回路の耐遠心力試験を真空中で行つておりました。その際のスタビリティに一番影響するのはスピン軸の周りの質量バランスで次に I_x 対 I_y 比でした。それなのに射撃のコミュニティーでは弾道のスタビリティの計算または予想の際にこれ等二つのいずれも直接的に要素として取り上げられないのが不思議でなりません。web 上で見かけるほとんどの Sg calculator ではブリットの外径, 全長, 重量, 先端が樹脂か否か, Cd(or BC) のみを元に I_x/I_y の概算をしてゐるやうです。先端付近の空洞部の長さが大きいほど誤差が大きくなるはずです。そのため自分で使用するブリットの断面を見るために私はカッターウェイを作つてゐます。

Boatright はこの記事の中で以下のとおり「昔は 1.2 - 1.4 が短距離では良いとされてゐたが実は Bob McCoy や Bryan Litz が云ふやうに 1.5 以上が必要 …」と書いてゐます。

Formerly, we considered an initial Sg of 1.2 to 1.4 to be adequate for best short-range rifle accuracy. Now, we realize the advantages of reduced aerodynamic drag if we provide our conventional jacketed, lead-cored rifle bullets with an initial Sg of at least 1.5, as recommended by Bob McCoy and Bryan Litz. Riflemen are currently learning to launch the new monolithic copper-alloy ultra-low-drag (ULD) bullets with an initial Sg of 2.5 to 3.0 for best results in extreme long-range (ELR) shooting. This requires a rifling twist-rate of about 20 calibers per turn for monolithic ULD bullets of about 5.5 calibers in length L. The resulting bullet spin-rates at high muzzle speeds are not compatible with use of conventional jacketed lead-cored

さらに「ロングディスタンスでは銅合金単一素材の超低ドラッグ(ULD) ブリットで Sg を 2.5 - 3.0 で良い結果が得られてゐる …」と書いてゐます。

この人の学歴は Bachelor of Science となつてゐますが Science のどの分野かが公にされてゐないのが氣になります。それが物理であれば安心ですが化学, 生物, 地球や心理だつたら心配です。数学では決してないと私は彼が書いた記事から感じます。

解説: なぜ銅合金単一素材である必要があるかと云ふとこの高い Sg を得るためにツキストをきつくと鉛コアで銅ジャケット(二素材で境界のある構造)のブリットは遠心力が大きくなると変形するからです。変形の様子は我々地球人の力では観測できませんがコンピューターシ

ミュレーションでなら予測することができます。http://www.varmintal.net/aengr.htm の始めの 1/5 辺りにある MAXIMUM SPIN VELOCITY に .224” 40gr や .243” 55gr ブリットが遠心力で変形する様子がありません。

2.2 Hornady による 4DOF™ (Four Degree of Freedom):

Hornady は 4DOF と彼らが名付けた独自の式を以下の記事で紹介しています。

<https://static.hornady.media/presscenter/docs/1410992918-4-DOF---Ballistic-Calculator-Technical-Document.pdf>

この Hornady の記事の本来の目的からそれますが、彼らの手法の計算による理想のツキストとロードではブリットがマズルを出た直後の Sg は約 2.0 で飛行を続けると次第にそれは増して行き、たとへば 100yd と 200yd ではそれぞれ 2.3 と 2.5 となつてゐるデータを示しています。マズルを出た直後は大きいコマ運動をしてゐるが飛行を続けるに従ひ、ジャイロスコピック安定性が 1.0 より十分に大なのでコマ運動の振れ角が急激に小さくなると解説しています。

まとめると 4DOF がどんなものかはここではともかく Hornady は「Sg を指標とするなら初速で計算して 2.0 を目標とせよ」と言つてゐることが読みとれます。

3 まとめ

web 上にある Sg calculator で求まる Sg はそもそも概算値なので、「真の Sg が 1.3 や 1.4 なら OK だがブリットの外形と重量のみからの概算値は誤差むのでそれを考慮すると 1.5 以上を目安にすべきだ。上限も過去に言はれてゐた(例: 2.0 - 2.5)ほど低くはない」と云へるのではないでせうか。

おわり