

高精度を目指した エアソフトガンの研究

トルエン・プロ

今日、エア・ソフトガンは、長足の発展を遂げており、その性能も日々向上している。

さらに、より銃の限界性能を要求される各種マッチ、サバイバルゲーム等では、さらに高性能化された、カスタムモデルが使用される事が多い。

しかし、これらの改造が、はたして所望の性能を發揮しているか否かは、はなはだ疑問である。そこで、MGC(株)のベレッタ・M93Rについて行った、各種実験をもとに、エア・ソフトガンのメカニズムを解明していき

い。

エア・ソフトガンの動作

図1に、MGC・ベレッタ M93R の機能を示す。バルブをハンマーにて叩く事により、気化したフロンガスが、チャンバーへ送られ、B・B弾を発射する。ここで、チャンバーの体積を V_0 、バレル長さを l 、フロンの気化圧を

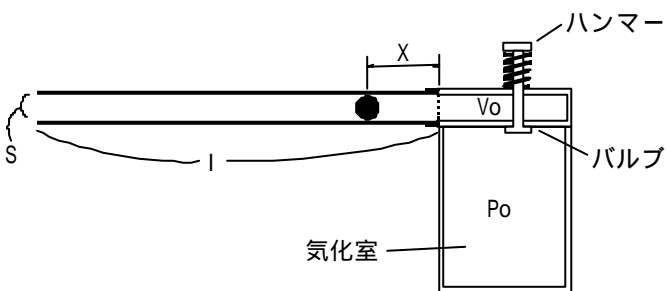


図1

P_0 、弾丸質量を m 、バレル断面積を S とおく。

バルブが開いた時、チャンバー内に蓄えられるガスのエネルギーを J_0 とおくと、熱力学の断熱過程の式より、

$$J_0 = P_0 V_0 \quad , \quad = \frac{C_p}{C_v}$$

$$C_p = C_v + R$$

ここで、 C_v 、 C_p はそれぞれ定積、定圧モル比熱、 R は気体定数である。フロンガスの場合、指数は、1.3と思われるが、計算を簡略化するため、 $\gamma = 1$ とする。

B・B弾が x [m] 変位したときの、チャンバー体積、圧力変化は、

$$V(x) = V_0 + xS \quad [m^3]$$

$$P(x) = P_0 \frac{V_0}{V(x)} \quad [N/m^2]$$

このとき、B・B弾の受ける力は、

$$F(x) = J_0 S \frac{1}{V(x)} - S P_{air} \quad [N]$$

これを、 $x = 0 \sim l$ まで積分すれば、B・B弾の得る全エネルギーが得られ、

$$\begin{aligned} J_{BB} &= \int_0^l (J_0 S \frac{1}{V(x)} - S P_{air}) dx \\ &= J_0 \log \frac{V_0 + Sl}{V_0} - P_{air} S l \quad [J] \end{aligned}$$

となる。(P_{air} は大気圧)

フロンガスの気化圧を5気圧、チャンバー体積を約1.5 cc、バレル長 l は270 mm、バレル内径6 mm とすると、

$$(1 \text{ 気圧} = 101325 [Pa] = 101325 [N/m^2])$$

$$J_{BB} = 5 \times 101325 \times 1.5E-6 \times \log \frac{1.5 + 7.63}{1.5}$$

$$- 101325 \times 7.63E-6$$

$$= 0.60 [J]$$

B・B弾の初速 v_0 は、 $J_{BB} = \frac{1}{2} m v^2$ 、 $m = 0.2 \text{ g}$ なので、

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \times J_{BB}}{0.2E-3}} = 77 [m/sec]$$

つまり、M93Rでは、バレル長270 mmの場合、理想的に、初速77 m / sec の弾が6打てるという事になる。

また、JBBの計算式からわかるとおり、加速を上げるには、

- l 大 長いバレル長
- o 大 大きなチャンパー体積
- P o 大 高いフロンガス圧力

が必要であるが、むやみにバレルを長くしても、大気圧による影響が出て、思ったほど初速が上がらない。この場合は、バレルに適した大きさのチャンパー体積を得る必要がある。

長さlのバレルの場合、最も有効なチャンパー体積は、

$$V_o = S l \frac{P_{air}}{P_o - P_{air}} [m^3]$$

となる。l = 270 mmのM93Rでは、

$$V_o = 0.283 [cm^3] \times 27 [cm] \times \frac{1}{5 - 1} = 1.9 [cc]$$

である。M93Rにおいては、ハンマー・スプリングの強化によって、等価的にチャンパー体積を増やせる。この時の初速は、

$$V_{omax} = 88 [m/sec]$$

である。

高精度バレルの製作

フロンガスのエネルギーを、ムダなくB・B弾に与えるには、高精度のバレルが必要である。このバレルは次に述べる方法で製作した。

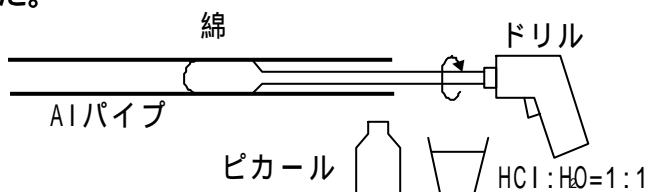


図2

高精度バレルのベースとして、市販のアルミパイプ(直径8mm)を使用する。このパイプは、内径が6mmであり、このままではB・B弾とのクリアランスがきつすぎて使用できない。このため、パイプの内側を削る必要があった。

削る方法は、塩酸によるエッチング+機械的ポリッシュを併用した。図2のように、綿に

2倍に薄めた塩酸をしめし、ピカール(金属研ぎ)をつけ、電動ドリルにて加工した。

塩酸だけのエッチングでは、加工速度は速いが、アルミの表面がでこぼこになり、また内径の真円度も低下して、バレルとして使用不能である。

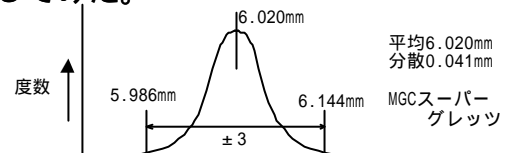
また、ピカールのみ・あるいは他の研磨剤のみでは、高精度な加工が可能だが、加工性が悪く、内径を0.1mm広げるのにも、非常に時間がかかってしまう。

そこで、化学エッチングと機械的ポリッシュを併用することで、双方のメリットを合わせ持った加工が行える。6mmのバレルが、トータル4~5時間で、6.2mmへと拡大された。

高精度B・B弾について

マッチ等で高いポイントを得るには、銃本体の性能もさることながら、B・B弾の精度も、重要なファクターである。

ここで、手持ちのB・B弾について、その直径を測定してみた。



直径6.02mmを中心に、分散0.041mmで正規分布する。このすべての弾がうてるために必要なバレル内径は、6.2mm以上必要である。このとき・最小の5.986mmの弾とでは、0.2mmのスキマができてしまう。

このため、正確な射撃を行うためには、B・B弾の選別が必要になるであろう。選別に使うB・B弾は、研磨された、真円度の高いものが望ましい。

以上、M93Rをベースに、エア・ソフトガンの高精度化を目標に、各種実験を行ってきた。また、ガスガンの理論式を求め・最適のチューニング条件を明らかにした。

この論文が、多くのエア・ソフトガン・マニアに役立つことを願うものである。