

On Measuring Neck Tension and its Effects on Velocity and Precision in the 6mmBR Cartridge

by C.P. WOODRUM

要旨

6mmBRカートリッジのネックテンションを実際に明らかにするために定量化する方法を考案した。その方法はケースネックの内側と弾頭の静的摩擦力を測定する。これによる作業台での調査で、ネックサイズとシートした弾頭の関係にクリチカルポイントがあることを明らかにした。クリチカルポイントで静的摩擦力は最大になる。ネック径をクリチカルポイントより小さくすると弾頭をよりタイトに保持できない、つまり、ネック径がクリチカルポイント未満では静的摩擦力は減る。テストファイリングでは、ある一定の薬量で、クリチカルポイントが最大弾速になり、その近傍がベスト精度になることを示唆している。

前置き

(ここは主要な部分ではないので簡単な紹介とします)

WOODRUM 氏の経歴は ” my career in science and engineering ” とあるので恐らく研究職かエンジニアと思われます。その氏がガンショップでアレンジしてもらった高精度だというカートリッジのライフルを購入しガンスミスを紹介されたりして射撃を始めます。

あるとき、ベンチレストのウェブサイトの掲示板で “ネックテンションの測り方を知っているか ” と誰かがポストしたものを読みました。その時は重要ことと思ってなくショップとの交流の中で話題になったりしていたが、その後いろいろと知識を得て精密射撃をやるようになります。

それから私はカスタムメイドのライフルを持ち、ケースネックターニングをし、ケースネックリサイズにはサイジング・ボタンを使い、カスタム弾頭を使い、小さな弾頭をワンホールにすることに熱中し始めた。

そうやってるうちに 「ネックテンション」 について調べようと思って文献を探したが無いことが分かり、 “きつい” 、 “軽い” 、 “適度にタイト” とか “ゆるい” とか言うけど具体的な数値が分からない、それが弾頭直径よりどのくらい小さいことなのか？ どのくらいが精度上よいのか？

この疑問を具体的にはっきりさせるために実際に計測してみよう。 ということで始めたのがこのレポートです。

方法と材料(道具類)

テストスタンドで力の変位を測るために [Catillon Model DFM50](#) フォース・ゲージを用いた。フォースゲージは0~50ポンドのレンジでピークフォースを記録できる。写真1

測定用の3/16”のブラスロッドを薬莖の内壁に触らないで弾頭の底にタッチして通すため、プライマーポケットを7/32”のドリルで穴を開けたダミー薬莖を使う。Lee の308シーターダイを分解しダイボディをテスト用ダミー薬莖の保持に使った。6mmBR ケースはこの軸上で保持され、6mmのケースネックと弾頭は十分なクリアランスでこれらの治具に触ることはない。

弾頭はテスト用固定治具に弾頭が下に落ちるように挿入される(下向きに入れる)。およそ 2.5”の長さの 3/16”ブラスロッドは、穴をあけたプライマーポケットから入れて弾頭の底に触れるまで挿入される。写真2、3を見てください。

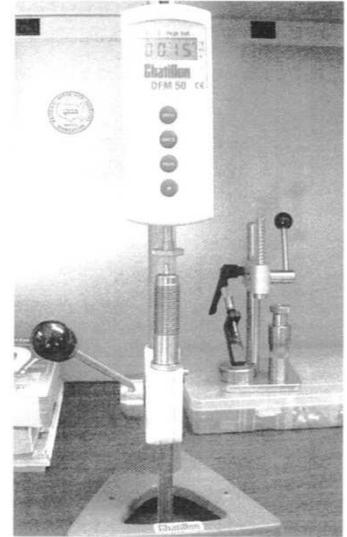


Figure 1: Digital Force Meter.

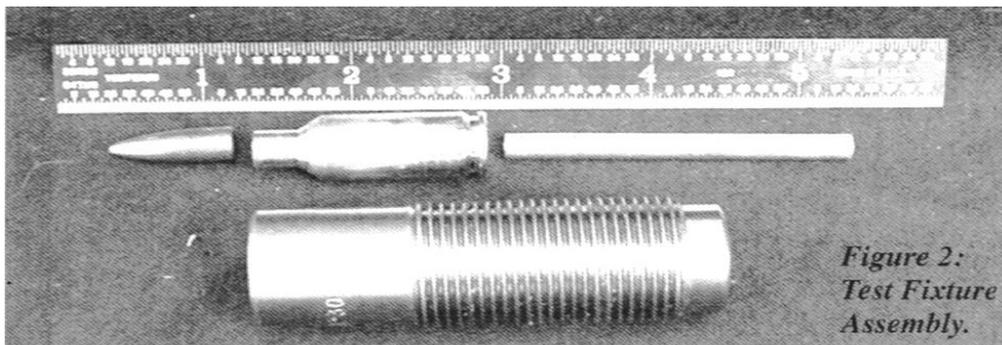


Figure 2:
Test Fixture
Assembly.

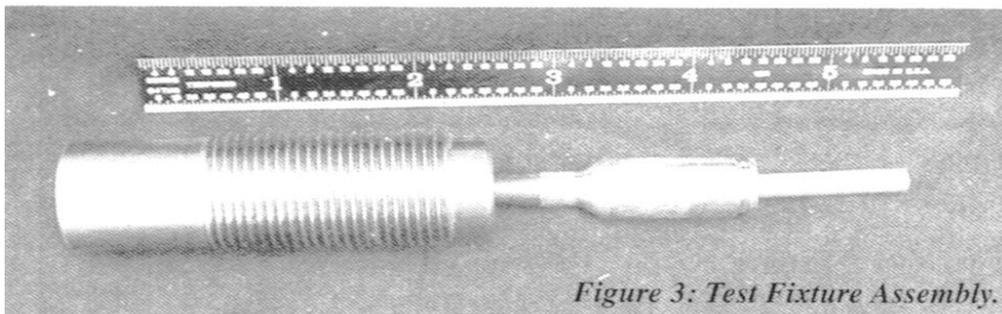


Figure 3: Test Fixture Assembly.

アセンブリはテストスタンド上の圧縮ディスク(ハンドルで動くデスク)の間に置かれ、弾頭が動き出すまで、テストスタンドのハンドルで適度な圧力を与えられる。フォース・メータはポンド(単位)で、弾頭が外れるのに必要なピークの力を記録する。これらの測定は記録しこのレポートに使われた。

Six Enterprises が組み立てたライフルがテストファイリングに使った。このライフルは 6mmBR でネック 0.262 インチ、リルジャ・ステンレスバレル、ツイスト14、バレル長さ 24.25”、アクション 6-1/2 インチ BAT、トリガー Jewell ベンチレストモデル、トリガープル2オンス。ストックは Lee Six カスタム、サムホール。スコープは Nightforce 12-42x 56 mm NXS,NP-R2 レチクル、BAT リング取付け。ライフルは 12.6 ポンドの重さで、これらのテ

ストは 409 発撃ってから始めた。テストの弾頭は Six Enterprises のカスタムメイドのものを使った。68gr フラットベース、モリーコート。薬莢は全て新品、同じロットでラプア製。薬莢の長さは 1.510”、ネックターニングはシンクレアのネックターニングツールで3回通し 0.0090” ± 0.0002”にした。

全ての薬莢はテスト用ライフルで少なくとも4回ファイヤーフォーミングをした。プライマーポケットは Sinclair 8000 series のユニフォーマーで整形している。フラッシュホールは何も手を加えてない。ケースネックは薬室をカットしたリーマーで作ったカスタムリサイジングダイでリサイズしている。ネックサイズはレディングのサイジングポタンで外径 0.261, 0.260, 0.259, 0.258, 0.257 インチを使っている。

薬莢はこれらのテスト中はネックリサイズだけでその他の操作はしていない。雷管はCCI、BR4、火薬はピサボリN133、(ロットNoも書いてるが省略)火薬の計量は Harrell's メジャー目盛りセット 52.0、薬量 28.3gr、テスト中は雷管、火薬のロットと Harrell's メジャー目盛りセットは変えてない。

カートリッジの全長(COL)は 2.170±0.002”、弾頭シート深さは 0.163”、テストファイアリングは連続しない日の 4/2, 4/3, 4/9, 4/10, 4/17 2005 の5回のセッションで行われた。

各セッションは準備、標的張り替え、クリーニング、片づけまで約2時間要した。全ての実射は100ヤードで Oehler Model 35P の弾速計を使った。スコープの倍率はこの距離でパララックスが最小になる35倍にした。薬莢6セットは5回ファイヤーフォームしたものを使った。薬莢5個の1セットはネック外径 0.260” で、それをコントロールセット(基準)にして毎回(毎テストごと)実射した。他の5個のセットはそれぞれのネック外径でテストされた。各セッションでは、テストが始まる前に、2発、ファウリングのために撃っている。

テストは次の順で行った。ネック外径 0.261”, 0.260”, 0.259”, 0.258”, 0.257”、最後にコントロールセットのネック外径 0.260”、この結果は表1にまとめた。この表で5つのセットはS1, S2, …S5と表している。

Firing Session	Neck OD, inches					Control 0.260
	0.261	0.260	0.259	0.258	0.257	
04/02/05	S1	S2	S3	S4	S5	C1
04/03/05	S5	S1	S2	S3	S4	C1
04/09/05	S4	S5	S1	S2	S3	C1
04/10/05	S3	S4	S5	S1	S2	C1
04/17/05	S2	S3	S4	S5	S1	C1

これらはテストセットと呼び、コントロールセットはC1と示し常にネック外径 0.260 の薬莢で撃つ。これらのテスト中、薬莢のセットを別のものに変えたりしていない。また、射撃

Table 1: Case Set Rotation.

の間にバレルクリーニングはしていない。それぞれの射撃セッションの間に標的交換が5~10分あったが、その間、バレルが冷やされることはなかった。これらのコンデッションで狙点を調整するようなことはなく、ウインドフラグは使わなかった。

結果

作業台にて

最初の試験は、測定器具が有効な結果を得るのに十分なレンジと精度を持っているか確かめた。ケースネックを0.259”でリサイズ、弾頭のシートは0.163” (COL=2.170”) にして、テスト治具で弾頭が動く力を測り、ピークの力を記録した。ケースをリサイズし別の弾頭をシートし、計10回、測った。その結果は表2に示す。

力のピークは 22~23 lbs でフォース・メータのレンジ 0~50 lb の範囲だった。6~7%の変動係数はこの調査を続けるのに妥当と判断した。次の試験はシート深さを変えて弾頭が動くのに必要な力を測定した。前のテストで使った同じ薬莖を利用した。

この測定は、同じ弾頭でシート深さを0.050 インチから0.300 インチの範囲で変えて6点、計測した。それぞれのシート深さの測定では新しい弾頭を使った。結果は表3に示す。データをプロットしたものを図4に示す。

0.050 インチから0.300 インチの範囲で適度な直線性がみられる。0.050 インチの点は線形範囲の外にあると判断されて線形ラインの計算に含まれなかった。それは図4に示す。グラフのベストフィットラインは弾頭を動かす力が 135.8 ポンド/インチ必要なことを示している。

Precision OD .259 in	
Bullet	Force, lbs
1	21.9
2	23.1
3	21.5
4	23.6
5	24.9
6	23.7
7	24.3
8	20.5
9	22.2
10	21.5
Ave	22.72
SD	1.41
CV(%)	6.22

Table 2: Repeatability.

Seating depth, in	Displacement force, lbs		
	Replicate 1	Replicate 2	Average
0.05	10.9	11.8	11.4
0.10	13.6	15.5	14.6
0.15	19.6	21.4	20.5
0.20	27.8	26.8	27.3
0.25	34.9	34.5	34.7
0.30	37.3	45.5	41.4

Table 3: Seating Depth vs. Displacement Force.

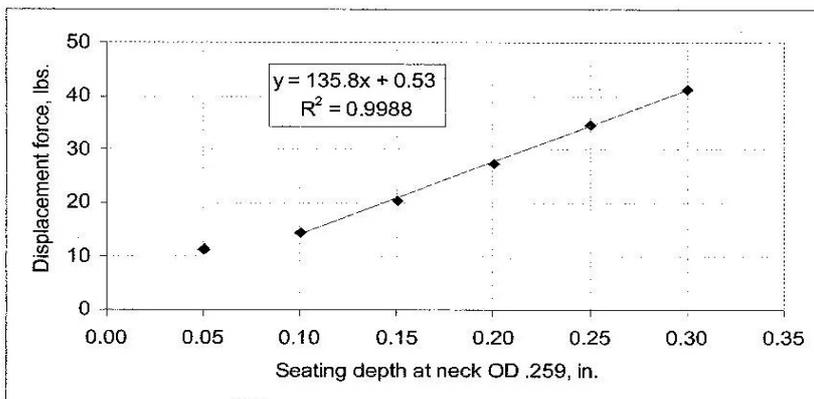


Figure 4: Seating Depth vs. Displacement Force.

次の試験はネック外径の違いによる動かす力の影響を確定すること。3回ずつの計測は5つの違う外径でそれぞれ3個の違う弾頭で行った。外径は 0.257 から 0.261 まで 0.001 インチ刻みにした。薬莖は前の2回の試験で使った同じケースを使い、トライアルごとにリサイズした。トライアルは大きい外径から小さい外径の順序で行った。結果は表4に示す。

Replicate Number	Neck OD, in	Bullet Number			Neck OD Group Statistics	
		b1	b2	b3		
1	0.261	20.1	18.2	17.6	Ave	19.51
2		22.5	18.5	18.8	SD	1.68
3		21.7	19.9	18.3	CV(%)	8.61
1	0.260	22.7	24.3	25.1	Ave	26.24
2		23.7	27.0	27.2	SD	2.57
3		27.4	31.1	27.7	CV(%)	9.77
1	0.259	23.9	25.7	23.6	Ave	26.21
2		25.2	29.5	25.3	SD	2.41
3		26.8	30.7	25.2	CV(%)	9.21
1	0.258	20.5	20.6	20.7	Ave	21.06
2		21.0	21.6	20.2	SD	1.01
3		19.8	23.0	22.1	CV(%)	4.79
1	0.257	21.1	18.5	17.5	Ave	20.54
2		23.3	20.5	19.9	SD	2.06
3		23.8	19.4	20.9	CV(%)	10.01
Ave		22.90	23.23	22.01	Grand Ave	22.7
SD		2.32	4.56	3.45	Grand SD	3.5
CV (%)		10.11	19.64	15.69	Grand CV	15.50

Table 4: Neck OD and Displacement Force.

データの整理は繰返し性ありの2要因分散分析(ANOVA)による。その結果は表5に示す。アスタリスクは有意差を示す。

分析では、弾頭を動かす力はネック外径の違いに高い有意差があることを表している。もちろんそれはケースネック外径と弾頭の相互作用を意味する。

Anova: Two-Factor With Replication

Source	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Neck OD***	381.7	4	95.42***	34.761	7.277E-11	2.690
Bullet	12.1	2	6.03	2.198	0.1285505	3.316
Interaction*	69.3	8	8.67	*3.158	0.0102646	2.266
Within	82.4	30	2.75			
Total	545.5	44				

Table 5: ANOVA – Neck OD, Bullets and Displacement Force.

平均と標準偏差は表4のネック外径ごとに計算した。そして図5にグラフにした。エラーバーは平均値の上下で標準偏差を表す。結果は驚くべきものだ。単純にはネック外径を小さくすると弾頭を動かす力は増えると思われるが、このデータは明らかに最大あるいはクリチカルポイントに到達した以降はネック外径を小さくすると弾頭を動かすのに必要な力が減ることを表している。

これらの試験を通して、一つの薬莢がリサイズを繰り返されて使われるために疲労し、その疲労が図5の中で見られるカーブになったと推定された。

それに対して、5個の新しい薬莢を用意(同じように加工した)し、5個の薬莢をそれぞれ0.261インチから0.257へ 同じネック外径でテストした。これらのトライアルでは使っていない弾頭を使った。集計結果は表6に示す。

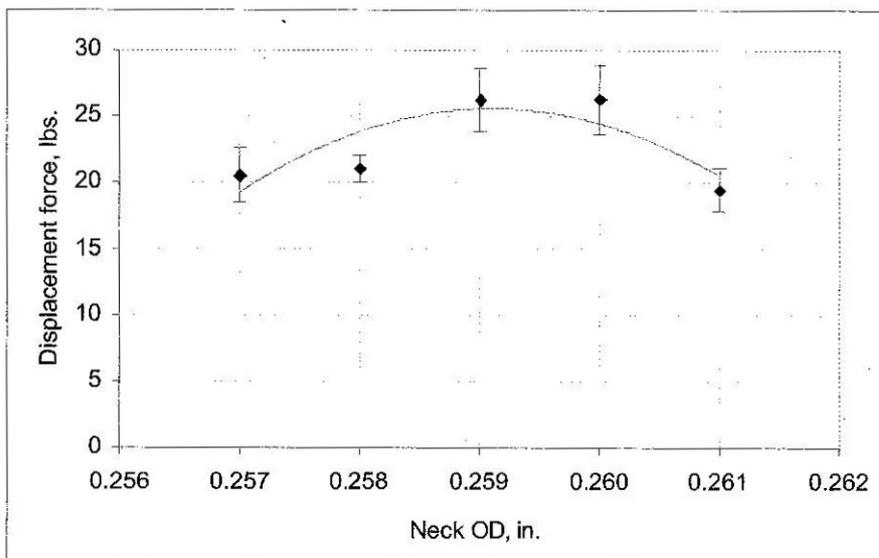


Figure 5: Neck OD vs. Displacement Force.

Neck OD, in.	Case Number					Statistics		
	c1	c2	c3	c4	c5	Ave	SD	CV
0.261	23.0	17.8	15.7	17.0	17.1	18.12	2.83	15.63
0.260	20.4	20.3	23.2	17.0	19.2	20.02	2.24	11.20
0.259	22.1	21.8	21.1	14.7	16.0	19.14	3.51	18.33
0.258	16.9	19.6	16.7	11.5	13.5	15.64	3.17	20.25
0.257	14.0	12.3	12.4	8.7	9.2	11.32	2.27	20.08
Ave	19.28	18.36	17.82	13.78	15.00	Grand Ave	16.8	
SD	3.76	3.68	4.33	3.63	3.84	Grand SD	4.12	
CV	19.51	20.04	24.27	26.31	25.59	Grand CV (%)	24.44	

Table 6: Neck OD and Displacement Force with New Cases.

ANOVA: Two-Factor Without Replication

Source	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Neck OD***	244.75	4	61.19	***18.697	7.062E-06	3.007
Case***	109.87	4	27.47	***8.393	0.0007559	3.007
Error	52.36	16	3.27			
Total	406.98	24				

Table 7: ANOVA — Neck OD and Displacement Force, New Cases.

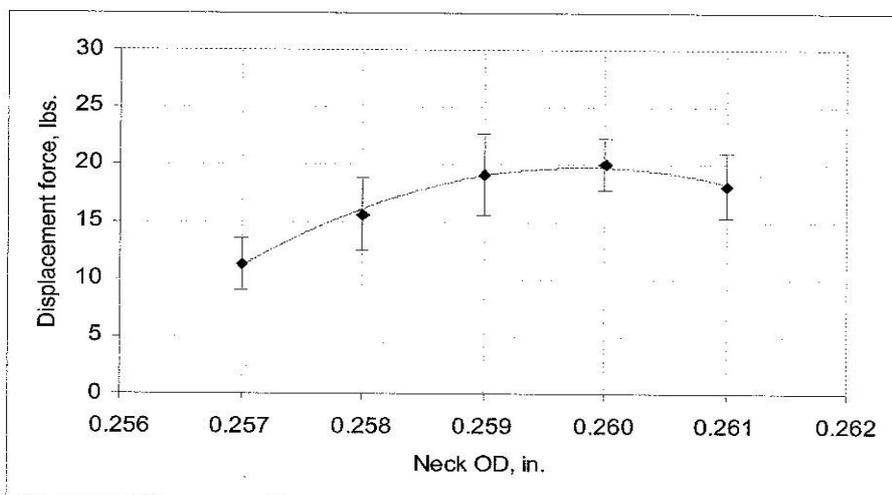


Figure 6: Neck OD vs. Displacement Force with New Cases.

データは繰返し性なしの2要因分散分析(ANOVA)による。結果は表7に示す。

予想どおり、ネック外径による高い有意差がみられる。加えて、ケース自体の間でも違いがある明確な徴候があった。

図6はネック外径に対する平均駆動力をプロットした結果を表す。エラーバーは、平均の上下に1標準偏差を表す。グラフの形状は図5のカーブと同じ特徴があった。

射場にて、弾速データ

コントロールセットの弾速結果は表8に集計した。統計上の計算値は右列と下段の行、全体の統計値は下段右に示す。

このデータは ANOVA にかけても特に有意差はみられない。テストセットの弾速は表9に示す。ケースセットはネック外径ごとの個々のデータを示し、統計上の集計値は表の右列と下段に示す。4/10/2005 のネック外径 0.257”のデータは弾速計のメモリーがいっぱいになりうっかりしてリセットしなかったため失った。

ネック外径 0.257”の残りの4データの平均値が以降の分析に使われた。

表9は繰返し性ありの2要因 ANOVA でまとめた。それらの分析結果は表10に示す。射撃日による高い有意差がみられる。

コントロールセットとともに何に差があるのか見出すのは興味深い。さらに分析では弾速にネック外径の違いによる有意差を示している。撃った日のコントロールセットとテストショットの平均値をプロットして図7に示す。プラス、マイナスのエラーバーは1標準偏差である。ネック外径と平均弾速をプロットしたものを図8に示す。プラス、マイナスのエラーバーは1標準偏差である。

Case Number	Control					Statistics		
	4/2/2005	4/3/2005	4/9/2005	4/10/2005	4/17/2005	Ave	SD	CV
1	3115	3091	3049	3090	3049	3079	29	0.94
2	3068	3069	3044	3042	3053	3055	13	0.42
3	3110	3066	3078	3079	3029	3072	29	0.95
4	3013	3061	3036	3086	3059	3051	28	0.91
5	3100	3052	3061	3089	3044	3069	24	0.79
Ave	3081	3068	3054	3077	3047	Grand Ave	3065	
SD	42	14	16	20	11	Grand SD	25	
CV (%)	1.37	0.47	0.54	0.65	0.37	Grand CV (%)	0.83	

Table 8: Control Set Velocities

Date	Neck OD, in					Summary by Date			
	0.261	0.260	0.259	0.258	0.257				
4/2/2005	S1	S2	S3	S4	S5	Ave	3093		
	3081	3113	3079	3063	3091				
	3063	3072	3125	3095	3097			SD	19
	3112	3098	3136	3106	3061			CV (%)	0.62
	3091	3087	3090	3079	3092				
4/3/2005	S5	S1	S2	S3	S4	Ave	3077		
	3050	3064	3071	3079	3098				
	3046	3058	3069	3125	3095			SD	23
	3071	3071	3060	3136	3085			CV (%)	0.76
	3082	3086	3080	3090	3063				
4/9/2005	S4	S5	S1	S2	S3	Ave	3040		
	3003	3033	3033	3056	3070				
	3044	3046	3031	3067	3054			SD	22
	3032	3010	3056	3029	3016			CV (%)	0.72
	3032	3020	3059	3065	3048				
4/10/2005	S3	S4	S5	S1	S2	Ave	3067		
	3036	3055	3071	3064	3072				
	3062	3073	3088	3094	3072			SD	17
	3062	3038	3059	3026	3072			CV (%)	0.56
	3074	3088	3073	3076	3072				
4/17/2005	S2	S3	S4	S5	S1	Ave	3063		
	3087	3082	3066	3076	3054				
	3075	3068	3028	3068	3049			SD	19
	3021	3058	3068	3054	3104			CV (%)	0.62
	3049	3097	3063	3041	3066				
3050	3078	3053	3062	3070					
Summary by Neck OD						Grand Summary			
Ave	3057	3066	3072	3074	3072	Grand Ave	3068		
SD	26	28	26	28	26	Grand SD	27		
CV (%)	0.85	0.92	0.84	0.90	0.84	Grand CV (%)	0.88		

Table 9: Test Set Velocities.

ANOVA: Two-Factor With Replication

Source	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Shoot Date***	35357	4	8839	***27.273	2.605E-15	2.463
Neck OD*	3791	4	948	*2.924	0.024707	2.463
Interaction	5752	16	360	1.109	0.3570895	1.746
Within	32410	100	324			
Total	77311	124°				

Table 10: ANOVA — Test Set Velocities.

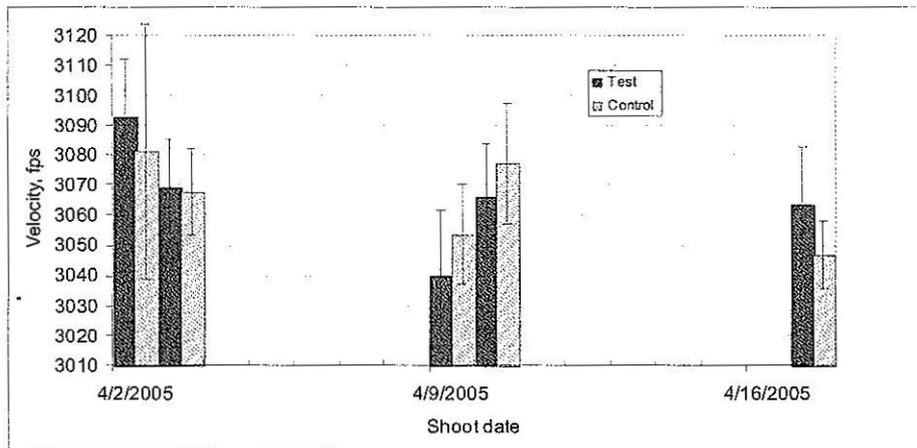


Figure 7: Average Velocity vs. Shoot Date.

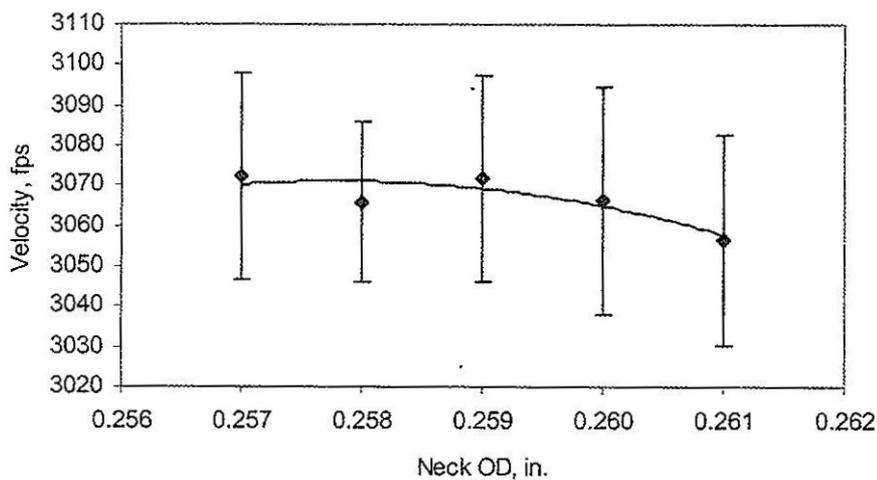


Figure 8: Average Velocity vs. Neck OD

射場にて、精度データ

図9～13は、標的を撃った日付順でネック外径ごとにまとめて示す。弾速計の出力は各標的に添付した(4/10/2005の外径0.257"はない)。コントロールグループは同じネック外径0.260"の標的の違うポイントに撃った。テストグループはコントロールグループと区別するために○で囲んである。標的のグリッドは2インチ平方である。補助グリッド線は0.1インチ刻みである。

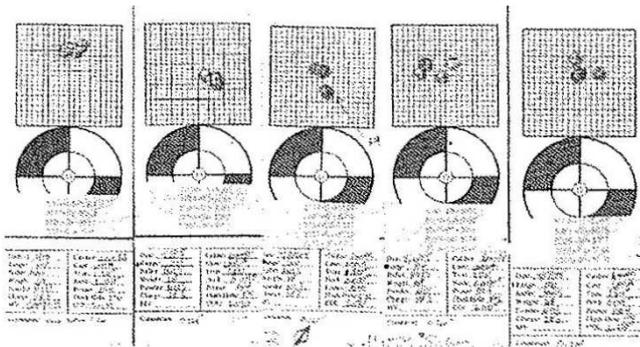


Figure 9: 0.261 Sizing Button.

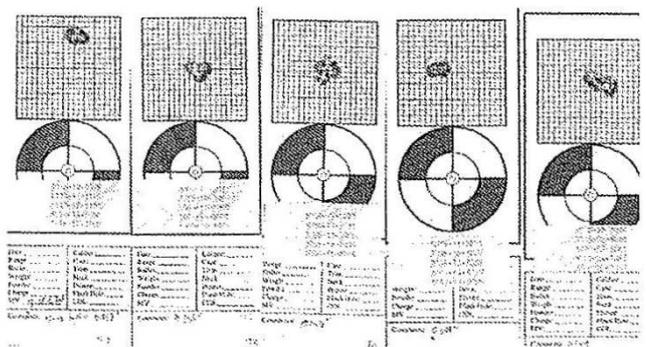


Figure 11: 0.259 Sizing Button.

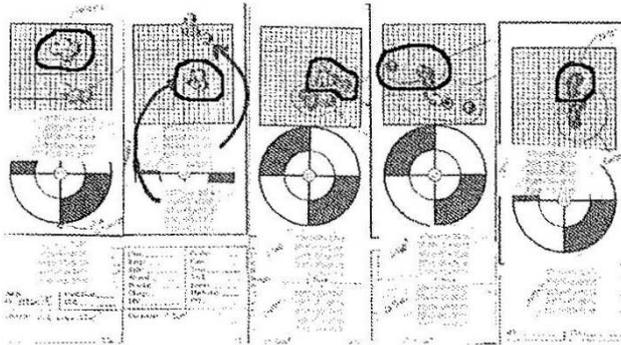


Figure 10: 0.260 Sizing Button.

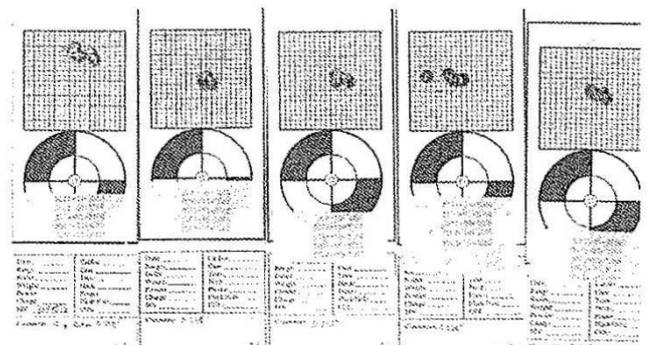


Figure 12: 0.258 Sizing Button.

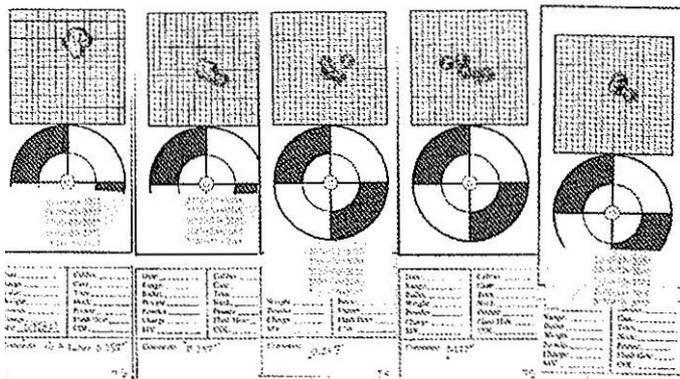


Figure 13: 0.257 Sizing Button.

バイアスを消すため、各グループの弾着の広がり(グルーピング)は医療用のイメージプログラムで計測した。結果は表11に集計した。

Date	Groups					Control	Summary by Date	
	0.261	0.260	0.259	0.258	0.257		Ave	SD
4/2/2005	0.353	0.371	0.236	0.466	0.289	0.441	0.343	0.087
4/3/2005	0.302	0.279	0.272	0.217	0.390	0.490	0.292	0.083
4/9/2005	0.554	0.517	0.308	0.321	0.404	0.499	0.421	0.112
4/10/2005	0.655	0.754	0.208	0.695	0.737	0.921	0.610	0.228
4/17/2005	0.495	0.269	0.458	0.334	0.337	0.368	0.379	0.094
Ave	0.472	0.438	0.296	0.407	0.431	0.544	Grand Ave	0.409
SD	0.145	0.203	0.098	0.184	0.177	0.217	Grand SD	0.163

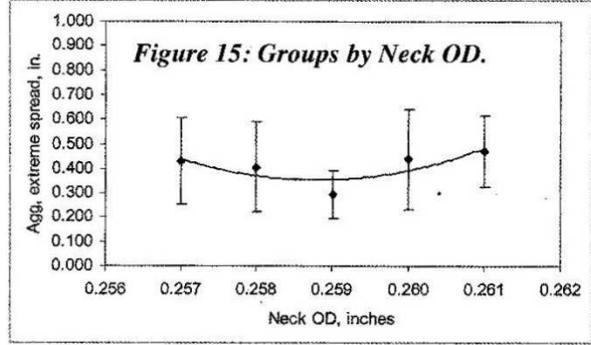
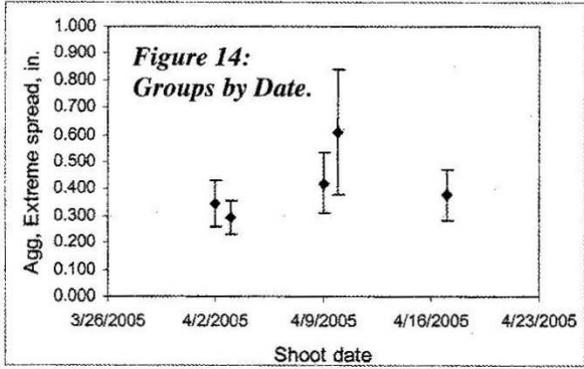
Table 11: Groups by Date and Neck OD.

ANOVA: Two-Factor Without Replication

Source	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Date*	0.297145	4	0.074286	*4.760257	0.0101034	3.006917
Neck OD	0.089855	4	0.022464	1.439477	0.2665453	3.006917
Error	0.249688	16	0.015605			
Total	0.636687	24				

Table 12: ANOVA - Groups.

日付ごとの平均グループサイズは図14にプロットした。その日の平均値の上下のエラーバーは1標準偏差を表す。表12に2要因 ANOVA(繰返し性なし)でまとめた。分析は日付の違いによるグループサイズに有意差を示しているが、ネック外径による統計的有意差は明らかでなかった。全日付のデータをネック外径ごとに平均グループサイズを集計しプロットしたものを図15に示す。



ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Shoot Dates**	8254.64	4	2063.66	9	0.000651	2.866081
Within Shoot Dates	5388.4	20	269.42			
Total	13643.04	24				

Table 13 ANOVA — Control Set Velocities.

Firing Session	Condition		
	Temperature	Humidity	Wind
04/02/05	60-65	30-40	Calm to light from 3:00
04/03/05	50-55	40-60	Calm to light from 3:00
04/09/05	45-50	40-60	Variable, <10 from 5:00
04/10/05	50-55	40-60	Gusty, >10 from 8:00
04/17/05	50-55	60-80	Variable, 2-15, 6:00 to 9:00

Table 14 Estimated Weather Conditions.

Suggested firing order					
S _{1,1}	S _{2,1}	S _{3,1}	S _{4,1}	S _{5,1}	C ₁
S _{1,2}	S _{2,2}	S _{3,2}	S _{4,2}	S _{5,2}	C ₂
S _{1,3}	S _{2,3}	S _{3,3}	S _{4,3}	S _{5,3}	C ₃
S _{1,4}	S _{2,4}	S _{3,4}	S _{4,4}	S _{5,4}	C ₄
S _{1,5}	S _{2,5}	S _{3,5}	S _{4,5}	S _{5,5}	C ₅

Table 15 Suggested Firing Order.

考察

弾頭がケースネックから動き始める圧力は、表2のデータで推測できる。弾頭の直径は0.243インチなので、弾頭の底(ベース)の面積は0.0464平方インチと計算される。弾頭を動かす力は22.7lbsなので、動かし始める圧力は

$$\text{圧力} = 22.7\text{lbs} / 0.0464\text{平方インチ} = 489 \text{ lbs} / \text{平方インチ}$$

この圧力はチャンバー圧力のピークがこれの100倍になると考えても驚くほど小さい。この圧力はとても低いので、(ネックテンションの影響が)なぜか検討することは興味深い。火薬の燃焼による圧力よりもむしろ雷管自体の発火が、このカートリッジの弾頭の動き始めの原因であるかもしれない。

ケースのトリム長さの影響は図4に示されるシート深さの結果から定量化することができる。弾頭は、弾頭とケースヘッド間の圧縮によってケースにシートし、弾頭を要求するCOLになるようケースネックに押し込む。ケーストリム長さの変化はCOL一定ではシート深さの違いとして現れる。

このカートリッジのデータはケース長さの 0.001 インチで弾頭を動かすのに必要な力が 0.1358 ポンド変わるこ

とを示している。弾頭を動かす圧力としては約3 psi の差と換算できる。最終的に達する(チャンバー)圧力の大きさを考慮すれば、これはとても小さい。

最も驚く結果は、ネックテンションの増加がクリチカルポイントを過ぎたところでは弾頭を動かす力が増えないことである。実際、その力は減少する。これは図5, 6から明らかである。このカートリッジ(6mmBR)で、クリチカルポイントはネック外径が0.259と0.260インチの間のどこかにあるようだ。

0.009インチの厚みでネックターンしたので、クリチカルポイントはネック内径で弾頭直径より0.001から0.002少ない0.241”と0.242”の間にある。ネック径が弾頭径より大きければケースネックは弾頭をグリップできなくなるので、クリチカルポイントより大きい径で弾頭を動かす力がより少ないことを理解するのは簡単である。

しかし、クリチカルポイントより小さい径で、計測した(結果の)原因は明らかでない。それは、弾頭がケースネックを広げなかったエリアが、歯磨きペイストをチューブから絞り出すように弾頭を“噴出させる”のを助け、広げられてない領域が弾頭の軸方向の力として及ぼすと推測される。

クリチカルポイントに近いローディングはピーク弾速を得るのに実際に有効性がある。ケースネックが0.259と0.260の外径間(図5および6から推定されるクリチカルポイントを囲む範囲)では、ピーク弾速に達しなかったことを図8は示している。これはANOVAで表10にまとめたが、ネック外径に統計的な有意差があることが見られる。

表10は弾速に日付の違いにも高い有意差があることを表している。その結果はコントロールデータと矛盾し、その再検討につながった。表8で、4/2/2005の弾速の標準偏差が、その他の撃った日付の2倍以上だったことがわかる。個々の弾速を調べた時、ケース4(コントロールセットの)が他よりかなり低いことが見つかった。その弾速値を他の4つの値の平均に置き換えたANOVAの結果は次のとおり、

このデータは射撃の日付ごとの弾速に有意差があることを明らかにしている。この結果は、テスト・データだけでなく射撃日間の周囲温度の違いでも一致している。射撃中の気象コンデションを測る計器類は使わなかったがメモしたコンデションは表14にまとめた。表13でANOVAが暗示する射撃日間の弾速の違いを温度データは立証している。最も暖かい射撃日は4/2/2005だった。それは最も高い平均弾速になった。最も涼しい射撃日は4/9/2005で、最も低い弾速はその日に記録された。他はそれらの両端の間にある。温度と速さ間の相関関係は、図7の中でより明らかにすることができる。

クリチカルポイントへのローディングの精度の影響はとても興味あるが少しはっきりしない。表11と図15から得られるいくつかの観察がある。最初に、全ての射撃日のアグリゲートは、0.259”のネック外径が最も小さく、グループピングは0.296”であった。次に、グループ・サイズの標準偏差は、そのネック外径で最も小さかった。第3に、図15のカーブの形は、そのネック外径の近くで最小になることを暗示している。

最後に、図9～13に示される標的の調査で、どのセッションの間でも“フライヤー”を示さなかった唯一のネック外径は0.259”だった。これらは、クリチカルポイントが射撃精度で実際的な重要性を持つことを示唆している。

しかし、それは表12にまとめられた分散分析では、ネック外径の違いによる統計的影響がないことがわかつ

たように支持されてない。統計的有意性の不足は、いくつかの状況から生じることがある。それはネック外径またはネックテンションは精度に関係してないとも云える。

それはあり得るが、上述した要因は、それが薬莖でない可能性も示唆している。その他の可能性は、この試験計画で差を検出するには分散が大きすぎることだ。(今回の結果は精度に関しては射撃日の違いによる分散が大きく出てネック外径による傾向が埋もれたこと)。大きい分散の仮説は、弾速データで1回の測定で有意差が不明瞭なことはすでに見られた。

同様に、精度データは、風の状態が平均とアグリゲートの標準偏差の両方に明らかな影響があった4/10/2005の結果(図14を見よ)で、過度に作用(統計に)している。この試験はどんな結論でも出す前に、風のコンディションに習熟した補正を加え数回繰り返されなければならない。

実際的な有意性を持つかもしれないことが他に2つ見つかった。表4と6および図5と6を参照してください。弾頭を動かすのに必要な力が、新しい撃ってないケースが撃ったケースより約5ポンド少ないことに気が付いた。さらに、新しいケースはどれも、弾頭を動かすピークの力が、撃ったケースと同じか超えたものはない。

この説明は、弾頭の“グリップ”が撃ったケースと新しいケースが違うということだ。より公式には、静的摩擦係数が、新しいのと撃ったケースの間で異なるように見える。それは、撃ったケース間でこの係数の差をいかに最小にするか考慮させる。

(訳注:“新しいケース”というのは新品そのままではなく一連のケースプレパレーションやった新品薬莖のこと。)

他の発見(おそらくリローダーにとって重要性はより小さい)は、新しいケース間でも動かす力に有意差が見つかったことだ。もし、ローディングで新しいケースのみ使えば、これは速さと精度に影響を及ぼす。新しいケースのみ使うことは高いレベルの精度を追求している誰にとっても普通ではない。けれども、撃ったケース間に何の違いがあるか疑問が起こる。

この調査で繰り返して行うべきいくつかのことがある。最初に、ローディングが射場でできないなら、次のセットへ進行する前に、与えられたケースセットの弾は一度に撃たないように射撃の順序を変える。

第1セットからの1ラウンド(5発)は、その標的に撃ち、次のケースセットの1ラウンドからコントロールセットまで続ける。これは表15に示す。最初の添え字はケースセット番号で、第2はそのセットのケース番号を示す。

射撃は最初の行を S_1 から C_1 まで進め、それから2番目の行、 $S_{1,2}$ と進める。この効果は、射撃中の間、すべてのセット全体の周囲条件が平均化することだ。加えて、各射撃セッションの間、正確な計器で、温度、湿度と気圧を記録しなければならない。もう一つ変えることは、可能ならば、弾は射場でローディングすべきである。

リローディングや弾速計の位置をチェックしたければ、シングルケースセットを使うことは許される。期待される効果は、ケースセットまたは弾速計位置決めの違いによる変化の要素を除くことで分析の感度を上げ、矛盾した弾速の記録や弾速計のメモリーオーバーフローのような事から修復する機会を与える。

もう一つの明白な変更は、射場でロードするのが不可能なら、コントロールセットには専用の標的を与えな

ればならない。最後に、風旗の精通した使用とそれを読む対応能力は、同じ風の条件下で毎ラウンドの射撃を確実にして(統計)感度を改善することができるし、もし条件が変わり易ければ、機敏な補正が得られる。

訳者補足

- ・原文には索引が24項目ありますが、日本語版を作成する手間を省くため掲載はカットした。
- ・用語と単位について、“ケース”と“薬莢”が混在してるが同じ意味です。長さの単位で“インチ”とインチ記号“があるがこれも同じです。
- ・文章のところどころに（ ）書きで文脈がわかるよう説明を入れた。
- ・最後の結論が中途半端な印象を受けたと思いますが、まだ誰もやってないことを計測し知見を得る作業であることと、実射は屋外で統計上の外乱が入り易い条件なので、ネック外径に絞った精度データ抽出の難しさがあるためです。大まかには冒頭の要旨で述べてる傾向はあると思われます。考察の後段で触れてるように、このレポートの結果を補強する再現性確認試験をやればベターです。実射試験を“長瀬”でやると風の条件が無いのでいいデータが取れると思います。

以上

翻訳 2012年1月 浅野 肇