球体の密度・大きさと終端速度の関係について

1.実験の目的

水中を落下する物体の終端速度を測定し、同じ形で大きさや密度が異なるものの終端速度にどのような違いがみられるかを考察することを目的とした．落下させる物体としては、球体を用いた．水から受ける抵抗が常に一定であるようにするためである．球体として、ステンレス、真鍮、鉛（すべて直径２ｍｍ）を用いて密度の違うものを、直径が 2,4.67,6.35ｍｍの三種類（ステンレスと真鍮）の球体で大きさの違うものを、アルミニウム直径 6ｍｍは、密度も大きさも違うものとしての比較用に準備した．

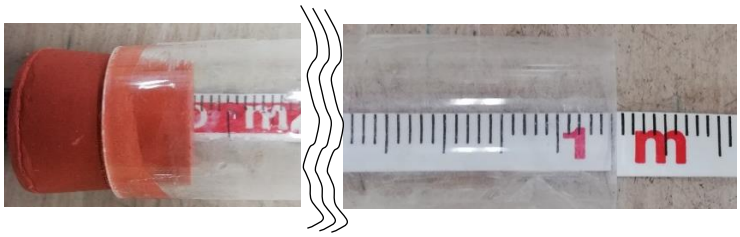
2.実験方法

（準備物）ガラス製の管（上下端開いているもので､）、ゴム栓、巻き尺（2ｍｍごとに１目盛り）、セロハンテープ、スタンド、水準器、カメラ、三脚、メジャー、金属球（ステンレス：2ｍｍ、4.76ｍｍ、6.35ｍｍ　真鍮：2ｍｍ、4.76ｍｍ、6.35ｍｍ　鉛：2ｍｍ　アルミニウム：6ｍｍ）、ピンセット、電子てんびん

ガラス製の管（上下端開いているもの）、ゴム栓、巻き尺（2ｍｍごとに１目盛り）、セロハンテープ、水準器、メジャー、金属球、ピンセット、電子てんびん

2.1 実験装置

①ガラス製の管の下端にゴム栓をつける．巻き尺の 1m0ｃｍの位置をガラス製の管の上端に合わせ、巻き尺をガラス製の管に固定させる．この時、巻き尺の-0.8ｍｍの位置がゴム栓の上端の位置と一致する．（写真）



② ①を机の上に置いたスタンドに固定する．水準器を用いてガラス製の管を地面に対して垂直に保つ．

③ 三脚でカメラを、ガラス製の管の中心から 50ｃｍ離れており、カメラの画面の中央に巻き尺の５ｃｍが位置しているように床に固定する．

2.2 実験の手順

①ガラス製の管に、巻き尺の 95ｃｍの位置まで水を入れる.

②水面の位置からピンセットを用いて金属球を一つずつ落とし（各五回)、それぞれカメラで 1 秒間に 60 回のスピードで連続撮影する.（主に、-0.8ｍｍ～25ｃｍを対象として撮影）

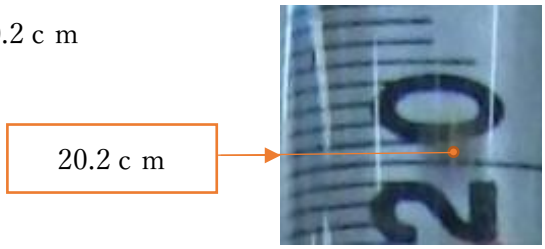
③金属球が巻き尺の 20ｃｍ付近に達した時からゴム栓に衝突するまでの写真ごとに、どの位置にいるかを解析.

※金属球の中心をその時の金属球の位置とする.

※目盛りは 1ｍｍの精度まで、ｃｍ単位で読み取る.

※ガラス製の管の中央ほど、巻き尺の目盛りが屈折して見えるので、管の端の目盛りを読む.

（右図は 20.1ｃｍと読むのではなく、20.2ｃｍと読む.）



④写真一枚ごとに何㎝落下しているかを計算する.

⑤金属球ごとに、その落下距離データの第一四分位数（Q_1)、第三四分位数（Q_3)、を求め、$Q_1-\{(Q_3-Q_1)\times1.5\}$ より小さい値のもの、$Q_3+\{(Q_3-Q_1)\times1.5\}$ より大きい値のものを外れ値とする.

⑥外れ値を除いたデータの平均をとる. これの五回分の値の平均をとり、それを、その金属球の 1/60 秒間の落下距離とする.

⑦　⑥×60 を計算すれば、落下速度（㎝/ｓ）が求まる. ⑤で得られた(Q_3-Q_1)の値が十分小さく、落下距離データがほぼ一定であれば、これを求める終端速度とする.

⑧金属球の質量を電子てんびんで量り、計算で体積を求め（円周率を 3.14 とする)、密度を求める.

3.実験結果

3.1　2.2③(写真一枚ごとの金属球の位置)について

2.2③の結果は下表.（写真一枚ごとの金属球の位置　上から下に時間は進む.）

※単位はｃｍである. ×は、ぼやけていて測定できなかった写真であったことを示す.

	ステンレス2ｍｍ第一回	ステンレス2ｍｍ第ニ回	ステンレス2ｍｍ第三回	ステンレス2ｍｍ第四回	ステンレス2ｍｍ第五回
①	18.6	20.2	19.2	20.1	18.8
②	17.6	19.0	18.1	19.2	17.7
③	16.4	17.8	17.0	18.2	16.6
④	15.4	16.8	15.9	17.1	15.5
⑤	×	15.6	14.8	15.9	×
⑥	12.9	14.5	13.7	14.7	×
⑦	11.9	13.4	12.6	×	12.1
⑧	10.8	12.3	11.5	12.5	10.9
⑨	9.6	11.1	10.4	11.4	9.8
⑩	×	10.1	9.3	10.3	8.7
⑪	7.4	9.0	8.2	9.3	7.4
⑫	6.2	8.0	7.0	8.2	6.4
⑬	5.0	6.8	5.9	7	5.2
⑭	4.0	5.8	4.8	5.9	×
⑮	2.8	4.6	3.7	4.8	3.0
⑯	1.8	3.6	2.7	3.7	1.9
⑰	0.6	2.5	1.6	2.6	0.8
⑱	-0.5	1.4	0.5	1.5	
⑲		0.4		×	
⑳		-0.6		-0.6	

	ステンレス4.76ｍｍ第一回	ステンレス4.76ｍｍ第ニ回	ステンレス4.76ｍｍ第三回	ステンレス4.76ｍｍ第四回	ステンレス4.76ｍｍ第五回
①	22.2	20.6	21.0	21.4	21.2
②	20.6	19.1	19.5	19.7	19.6
③	18.7	17.2	17.8	17.9	18.1
④	17.1	15.2	16.1	16.2	16.4
⑤	15.4	13.4	14.6	14.4	14.6
⑥	13.6	11.8	12.8	12.5	13.0
⑦	11.9	10.0	11.2	10.8	11.4
⑧	10.3	8.3	9.5	9.0	9.6
⑨	8.5	6.4	7.8	7.3	7.9
⑩	6.9	4.7	6.1	5.5	6.1
⑪	5.1	2.8	4.4	3.7	4.3
⑫	3.4	1.2	2.8	2.0	2.5
⑬	1.6	-0.4	1.2	0.3	0.8
⑭	0.1		-0.6		

	ステンレス6.35ｍｍ第一回	ステンレス6.35ｍｍ第ニ回	ステンレス6.35ｍｍ第三回	ステンレス6.35ｍｍ第四回	ステンレス6.35ｍｍ第五回
①	21.7	21.2	21.6	21.0	20.2
②	19.9	19.4	19.8	19.0	18.2
③	17.9	17.4	17.8	17.1	16.1
④	15.9	15.4	16.0	15.1	14.6
⑤	13.6	13.6	13.9	13.2	12.4
⑥	11.9	11.5	12.2	11.2	10.5
⑦	10.0	9.4	10.1	9.5	8.6
⑧	8.2	7.4	8.3	7.4	6.4
⑨	6.2	5.5	6.3	5.5	4.6
⑩	4.2	3.5	4.3	3.6	2.5
⑪	2.4	1.5	2.4	1.7	0.6
⑫	0.4	-0.5	0.4	-0.1	

	真鍮2ｍｍ第一回	真鍮2ｍｍ第二回	真鍮2ｍｍ第三回	真鍮2ｍｍ第四回	真鍮2ｍｍ第五回
①	22.9	21.1	22.1	21.4	23.0
②	21.8	×	21.0	20.2	21.9
③	20.6	18.7	19.9	19.0	20.7
④	19.4	17.5	18.7	17.9	19.4
⑤	18.2	16.4	17.5	16.7	18.3
⑥	17.1	15.2	16.3	15.5	17.1
⑦	×	14.1	15.1	14.3	16.0
⑧	14.7	13.0	13.8	13.1	14.9
⑨	×	11.8	12.7	12.0	×
⑩	×	×	11.5	10.8	12.3
⑪	11.2	×	10.3	9.6	11.1
⑫	10.1	8.6	9.1	8.4	9.9
⑬	8.9	7.6	8.0	7.2	8.7
⑭	7.8	6.4	6.8	6.1	7.5
⑮	6.6	5.4	5.5	5.0	6.3
⑯	5.5	4.3	4.4	3.8	5.2
⑰	4.3	3.2	3.2	2.6	4.0
⑱	3.2	2.1	2.1	1.5	2.8
⑲	2.1	1.0	0.9	×	1.6
⑳	0.9	-0.1	-0.3	-0.1	0.4
㉑	-0.3				

	真鍮4.67ｍｍ第一回	真鍮4.67ｍｍ第二回	真鍮4.67ｍｍ第三回	真鍮4.67ｍｍ第四回	真鍮4.67ｍｍ第五回
①	20.4	21.1	20.9	20.1	20.5
②	19.4	19.4	19.2	18.3	18.8
③	18.4	17.6	17.4	16.5	17.0
④	16.9	15.8	15.7	14.7	15.1
⑤	14.9	14.0	13.8	13.0	13.3
⑥	13.3	12.1	12.0	11.1	11.2
⑦	11.4	10.5	10.3	9.3	9.8
⑧	9.7	8.6	8.5	7.5	8.0
⑨	7.9	6.8	6.9	5.7	6.1
⑩	6.1	5.0	5.0	4.0	4.4
⑪	4.3	3.2	3.2	2.1	2.6
⑫	2.4	1.4	1.2	0.3	0.9
⑬	0.7	-0.3			

	真鍮6.35ｍｍ第一回	真鍮6.35ｍｍ第二回	真鍮6.35ｍｍ第三回	真鍮6.35ｍｍ第四回	真鍮6.35ｍｍ第五回
①	21.0	20.3	20.5	20.7	21.1
②	19.1	18.3	18.5	18.8	19.1
③	17.0	16.4	16.5	16.8	17.3
④	15.1	14.4	14.5	14.7	15.1
⑤	13.3	12.5	12.7	12.7	13.0
⑥	11.3	10.6	10.9	10.6	11.1
⑦	9.4	8.6	9.2	8.7	9.2
⑧	7.3	6.5	7.4	6.6	7.2
⑨	5.5	4.6	5.4	4.7	5.3
⑩	3.6	2.6	3.6	2.7	3.3
⑪	1.6	0.7	1.6	0.7	1.2

	鉛2ｍｍ第一回	鉛2ｍｍ第二回	鉛2ｍｍ第三回	鉛2ｍｍ第四回	鉛2ｍｍ第五回
①	21.3	21.8	21.2	21.8	21.8
②	19.9	20.4	19.8	20.4	20.4
③	18.7	19.1	18.4	19.1	19.1
④	17.4	17.8	17.1	17.7	17.8
⑤	×	16.4	15.7	16.4	16.5
⑥	14.6	15.1	14.4	15.0	15.1
⑦	×	×	13.1	13.7	13.7
⑧	11.9	12.4	11.8	12.3	12.3
⑨	10.6	11.0	×	10.9	11.0
⑩	9.2	9.7	9.1	9.6	9.7
⑪	7.9	8.4	7.8	8.2	8.3
⑫	6.5	7.1	6.4	6.9	6.9
⑬	5.2	5.8	5.1	5.5	5.6
⑭	3.8	4.5	3.8	4.2	4.2
⑮	2.5	3.2	2.6	2.9	2.9
⑯	1.1	1.8	1.2	×	1.6
⑰	-0.2	×	-0.1	0.2	0.2

	アルミニウム6ｍｍ第一回	アルミニウム6ｍｍ第二回	アルミニウム6ｍｍ第三回	アルミニウム6ｍｍ第四回	アルミニウム6ｍｍ第五回
①	20.8	21.2	20.9	21.2	21.1
②	20.1	20.3	20.0	20.3	20.2
③	19.1	19.3	19.0	19.4	19.2
④	18.1	18.4	18.0	18.4	18.2
⑤	17.2	17.5	17.1	17.4	17.2
⑥	16.2	16.6	16.1	16.5	16.3
⑦	15.2	15.6	15.2	15.6	15.3
⑧	14.2	14.6	14.2	14.6	14.3
⑨	13.3	13.8	13.2	13.7	13.4
⑩	12.3	12.9	12.2	12.7	12.4
⑪	11.4	12.0	11.3	11.8	11.5
⑫	10.4	11.0	10.4	10.9	10.6
⑬	9.4	10.1	9.4	10.0	9.6
⑭	8.5	9.2	8.4	9.0	8.6
⑮	7.5	8.2	7.4	8.1	7.8
⑯	6.5	7.3	6.4	7.1	6.8
⑰	5.5	6.4	5.4	6.2	5.8
⑱	4.5	5.4	4.5	5.2	4.9
⑲	3.6	4.5	3.5	4.2	3.9
⑳	2.6	3.6	2.6	3.3	3.0
㉑	1.6	2.6	1.6	2.4	2.1
㉒	0.7	1.7	0.7	1.4	1.2
㉓	-0.2	0.9	-0.3	0.6	0.2

３.２　２.２④、⑤(落下距離と Q1、Q3、Q3－Q1 の値、外れ値の有無)について

２.２④、⑤の結果は下表.

※単位はｃｍである．×はデータがないための計算不能を示す.

※赤字は外れ値を示す.

	ステンレス2mm第一回	ステンレス2mm第二回	ステンレス2mm第三回	ステンレス2mm第四回	ステンレス2mm第五回
	1.0	1.2	1.1	0.9	1.1
	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1
	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
	×	1.2	1.1	1.2	×
	×	1.1	1.1	1.2	×
	1.0	1.1	1.1	×	×
	1.1	1.1	1.1	×	1.2
	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
	×	1.0	1.1	1.1	1.1
	×	1.1	1.1	1.0	1.3
	1.2	1.0	1.2	1.1	1.0
	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2
	1.0	1.0	1.1	1.1	×
	1.2	1.2	1.1	1.1	×
	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	1.1	1.1	1.1	1.1	
		1.0		×	
		1.0		×	
Q_1	**1.0**	**1.0**	**1.1**	**1.1**	**1.1**
Q_3	**1.2**	**1.2**	**1.1**	**1.1**	**1.2**
Q_3-Q_1	**0.2**	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**0.1**
外れ値	なし	なし	1.0と1.2	0.9と1.0と1.2	なし

	ステンレス4.76mm第一回	ステンレス4.76mm第二回	ステンレス4.76mm第三回	ステンレス4.76mm第四回	ステンレス4.76mm第五回
	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6
	1.9	1.9	1.7	1.8	1.5
	1.6	2.0	1.7	1.7	1.7
	1.7	1.8	1.5	1.8	1.8
	1.8	1.6	1.8	1.9	1.6
	1.7	1.8	1.6	1.7	1.6
	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8
	1.8	1.9	1.7	1.7	1.7
	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8
	1.8	1.9	1.7	1.8	1.8
	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8
	1.8	1.6	1.6	1.7	1.7
	1.5		1.8		
Q_1	**1.6**	**1.6**	**1.6**	**1.7**	**1.6**
Q_3	**1.8**	**1.9**	**1.7**	**1.8**	**1.8**
Q_3-Q_1	**0.2**	**0.3**	**0.1**	**0.1**	**0.2**
外れ値	なし	なし	なし	なし	なし

	ステンレス6.35mm第一回	ステンレス6.35mm第二回	ステンレス6.35mm第三回	ステンレス6.35mm第四回	ステンレス6.35mm第五回
	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0
	2.0	2.0	2.0	1.9	2.1
	2.0	2.0	1.8	2.0	1.5
	2.3	1.8	2.1	1.9	2.2
	1.7	2.1	1.7	2.0	1.9
	1.9	2.1	2.1	1.7	1.9
	1.8	2.0	1.8	2.1	2.2
	2.0	1.9	2.0	1.9	1.8
	2.0	2.0	2.0	1.9	2.1
	1.8	2.0	1.9	1.9	1.9
	2.0	2.0	2.0	1.8	
Q_1	**1.8**	**1.9**	**1.8**	**1.9**	**1.875**
Q_3	**2.0**	**2.0**	**2.0**	**2.0**	**2.125**
Q_3-Q_1	**0.2**	**0.1**	**0.2**	**0.1**	**0.3**
外れ値	2.3	なし	なし	1.7	なし

	真鍮2ｍｍ第一回	真鍮2ｍｍ第二回	真鍮2ｍｍ第三回	真鍮2ｍｍ第四回	真鍮2ｍｍ第五回
	1.1	×	1.1	1.2	1.1
	1.2	×	1.1	1.2	1.2
	1.2	1.2	1.2	1.1	1.3
	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1
	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
	×	1.1	1.2	1.2	1.1
	×	1.1	1.3	1.2	1.1
	×	1.2	1.1	1.1	×
	×	×	1.2	1.2	×
	×	×	1.2	1.2	1.2
	1.1	×	1.2	1.2	1.2
	1.2	1.0	1.1	1.2	1.2
	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2
	1.2	1.0	1.3	1.1	1.2
	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1
	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2
	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
	1.1	1.1	1.2	×	1.2
	1.2	1.1	1.2	×	1.2
	1.2				
Q_1	**1.1**	**1.1**	**1.1**	**1.1**	**1.1**
Q_3	**1.2**	**1.2**	**1.2**	**1.2**	**1.2**
Q_3-Q_1	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**
外れ値	なし	なし	なし	なし	なし

	真鍮4.67ｍｍ第一回	真鍮4.67ｍｍ第二回	真鍮4.67ｍｍ第三回	真鍮4.67ｍｍ第四回	真鍮4.67ｍｍ第五回
	1.0	1.7	1.7	1.8	1.7
	1.0	1.8	1.8	1.8	1.8
	1.5	1.8	1.7	1.8	1.9
	2.0	1.8	1.9	1.7	1.8
	1.6	1.9	1.8	1.9	2.1
	1.9	1.6	1.7	1.8	1.4
	1.7	1.9	1.8	1.8	1.8
	1.8	1.8	1.6	1.8	1.9
	1.8	1.8	1.9	1.7	1.7
	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8
	1.9	1.8	2.0	1.8	1.7
	1.7	1.7			
Q_1	**1.525**	**1.725**	**1.7**	**1.8**	**1.7**
Q_3	**1.875**	**1.8**	**1.9**	**1.8**	**1.9**
Q_3-Q_1	**0.35**	**0.075**	**0.2**	**0**	**0.2**
外れ値	なし	1.6	なし	1.7と1.9	なし

	真鍮6.35ｍｍ第一回	真鍮6.35ｍｍ第二回	真鍮6.35ｍｍ第三回	真鍮6.35ｍｍ第四回	真鍮6.35ｍｍ第五回
	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0
	2.1	1.9	2.0	2.0	1.8
	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2
	1.8	1.9	1.8	2.0	2.1
	2.0	1.9	1.8	2.1	1.9
	1.9	2.0	1.7	1.9	1.9
	2.1	2.1	1.8	2.1	2.0
	1.8	1.9	2.0	1.9	1.9
	1.9	2.0	1.8	2.0	2.0
	2.0	1.9	2.0	2.0	2.1
Q_1	**1.875**	**1.9**	**1.8**	**1.9**	**1.9**
Q_3	**2.025**	**2.0**	**2.0**	**2.1**	**2.1**
Q_3-Q_1	**0.15**	**0.1**	**0.2**	**0.2**	**0.2**
外れ値	なし	なし	なし	なし	なし

	鉛2ｍｍ第一回	鉛2ｍｍ第二回	鉛2ｍｍ第三回	鉛2ｍｍ第四回	鉛2ｍｍ第五回
	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3
	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3
	×	1.4	1.4	1.3	1.3
	×	1.3	1.3	1.4	1.4
	×	×	1.3	1.3	1.4
	×	×	1.3	1.4	1.4
	1.3	1.4	×	1.4	1.3
	1.4	1.3	×	1.3	1.3
	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4
	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3
	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4
	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
	1.4	1.4	1.4	×	1.3
	1.3	×	1.3	×	1.4
Q_1	**1.3**	**1.3**	**1.3**	**1.3**	**1.3**
Q_3	**1.4**	**1.4**	**1.4**	**1.4**	**1.4**
Q_3-Q_1	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**
外れ値	なし	なし	なし	なし	なし

	アルミニウム6ｍｍ第一回	アルミニウム6ｍｍ第二回	アルミニウム6ｍｍ第三回	アルミニウム6ｍｍ第四回	アルミニウム6ｍｍ第五回
	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9
	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0
	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0
	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9
	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9
	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0
	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0
	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8
	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0
	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0
	1.0	1	0.9	1.0	0.9
	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
	1.0	1	1.0	0.9	0.9
	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9
	0.9	0.8	1.0	0.8	1.0
Q_1	**0.9**	**0.9**	**0.9**	**0.9**	**0.9**
Q_3	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Q_3-Q_1	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**
外れ値	0.7	なし	なし	なし	なし

3.3　2.2⑥（外れ値を除いた平均落下距離）について

※単位はｃｍである.

※小数点以下３桁まで表示.（四捨五入）

ステンレス2ｍｍ第一回	ステンレス2ｍｍ第二回	ステンレス2ｍｍ第三回	ステンレス2ｍｍ第四回	ステンレス2ｍｍ第五回	ステンレス2ｍｍ
1.108	1.095	1.100	1.100	1.127	1.106

ステンレス4.76ｍｍ第一回	ステンレス4.76ｍｍ第二回	ステンレス4.76ｍｍ第三回	ステンレス4.76ｍｍ第四回	ステンレス4.76ｍｍ第五回	ステンレス4.76ｍｍ
1.700	1.750	1.662	1.758	1.700	1.714

ステンレス6.35ｍｍ第一回	ステンレス6.35ｍｍ第二回	ステンレス6.35ｍｍ第三回	ステンレス6.35ｍｍ第四回	ステンレス6.35ｍｍ第五回	ステンレス6.35ｍｍ
1.900	1.973	1.973	1.940	1.960	1.9492

真鍮2mm第一回	真鍮2mm第二回	真鍮2mm第三回	真鍮2mm第四回	真鍮2mm第五回	真鍮2mm
1.153	1.114	1.179	1.171	1.176	1.1586

真鍮4.67mm第一回	真鍮4.67mm第二回	真鍮4.67mm第三回	真鍮4.67mm第四回	真鍮4.67mm第五回	真鍮4.76mm
1.642	1.800	1.791	1.800	1.781	1.7628

真鍮6.35mm第一回	真鍮6.35mm第二回	真鍮6.35mm第三回	真鍮6.35mm第四回	真鍮6.35mm第五回	真鍮6.35mm
1.940	1.960	1.890	2.000	1.990	1.956

鉛2mm第一回	鉛2mm第二回	鉛2mm第三回	鉛2mm第四回	鉛2mm第五回	鉛2mm
1.333	1.331	1.329	1.350	1.350	1.3386

アルミニウム6mm第一回	アルミニウム6mm第二回	アルミニウム6mm第三回	アルミニウム6mm第四回	アルミニウム6mm第五回	アルミニウム6mm
0.967	0.964	0.964	0.936	0.950	0.9562

3.4　2.2⑦（終端速度の値）について

2.2⑤で得られた(Q_3-Q_1)の値が十分小さく、落下距離データがほぼ一定であるから（上の結果）×60 を終端速度（cm/s）とする.

終端速度は、下表.

※単位は cm/s である.

※有効数字は 2 桁（四捨五入).

ステンレス2mm	ステンレス4.76mm	ステンレス6.35mm	真鍮2mm	真鍮4.76mm	真鍮6.35mm	鉛2mm	アルミニウム6mm
66	100	120	70	110	120	80	57

3.5　2.2⑧（金属球の質量、密度、体積）について

計算結果は下表のとおり．円周率は 3.14 とした.

※体積は小数点以下 4 桁、密度は小数点以下 2 桁まで表示.

※斜線は、必要がないため測定していないことを示す.

	ステンレス2mm	ステンレス4.76mm	ステンレス6.35mm	真鍮2mm	真鍮4.76mm	真鍮6.35mm	鉛2mm	アルミニウム6mm
質量			1.06g			1.14 g	0.048g	0.303 g
体積	0.0042㎤	0.0564㎤	0.1340㎤	0.0042㎤	0.0564㎤	0.1340㎤	0.0042㎤	0.1130㎤
密度	7.91g/㎤	7.91g/㎤	7.91g/㎤	8.50g/㎤	8.50g/㎤	8.50g/㎤	11.42g/㎤	2.68g/㎤

3.6 計算による各球体の終端速度について

球体が終端速度に達したとき下の式が成り立つといえる.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 S(C_D) + \rho V g = mg$$

（抗力+浮力＝重力）

ここで、ρは水の密度（kg/m^3）、vは終端速度（m/s）、Sは球体の中心を通る断面積（m^2）、C_Dは水中での球体の抗力係数、Vは球体の体積（m^3）、gは重力加速度、mは球体の質量（kg）である．球体が

加速していれば左辺が大きくなり、減速していれば右辺が大きくなる．これを用いれば、

（※単位はｃｍ/ｓである）

ステンレス2mm	ステンレス4.76mm	ステンレス6.35mm	真鍮2mm	真鍮4.76mm	真鍮6.35mm	鉛2mm	アルミニウム6mm
64	99	114	67	103	119	78	54

となる．ρ＝1000、C_D＝0.4 として計算したことや、無理数である円周率、重力加速度、互いに四捨五入していることにより誤差が出るものの、実験結果と一致したといってよい．

３.７大きさは同じで密度が違う金属球の終端速度の比較についてのグラフ

直径２mmで密度が異なるステンレス、真鍮、鉛の終端速度を比較する．

※実験時の室温が 25℃であったから、水の密度を 0.99g/㎤とし、密度が 0.99g/㎤の金属球の終端速度は０ｃｍ/ｓとする．

8.5

３.８密度が同じで大きさが違う金属球の終端速度の比較についてのグラフ

ステンレスで直径２mm、4.76mm、6.35mmのもの、

真鍮で直径２mm、4.76mm、6.35mmのもの、それぞれで終端速度を比較する．

※直径が０mmなら、終端速度は定義しないため、グラフでは白丸で表されるべきであるが、書きやすさの都合上、下のグラフは黒丸で書いていることをご了承願いたい．

〇ステンレス

10

〇真鍮

3.9 実験結果

金属球の密度、大きさが大きくなるにつれて、それぞれ終端速度は大きくなっていく．しかし、その増加速度はだんだんと小さくなっていく．

４.考察

４.１終端速度と金属球の密度の関係について

３.７のグラフ（金属球の密度と終端速度との関係）より、終端速度は$\sqrt{\text{金属球の密度}}$に比例することが、予測できる．そこで、終端速度［ｃｍ/ｓ］と$\sqrt{\text{金属球の密度}}$［g/㎤］の関係を表すグラフを書いてみると、下図のようになり、点(0.99,0)を原点と見なせば、比例の関係があることがわかる．

※実験時の室温が 25℃であったから、水の密度を 0.99g/㎤とし、密度が 0.99g/㎤の金属球の終端速度は０ｃｍ/ｓとする．

	ステンレス2ｍｍ	真鍮2ｍｍ	鉛2ｍｍ
√金属球の密度	2.8124	2.9154	3.3793
終端速度	66	70	80

以上より、終端速度は(グラフ的に右に 0.99 ずれているものの)$\sqrt{\text{球体の密度}}$に比例することがわかる．

４.２終端速度と金属球の大きさの関係について

３.８のグラフ（金属球の直径と終端速度との関係）より、終端速度は$\sqrt{\text{金属球の直径}}$に比例することが、予測できる．そこで、終端速度［ｃｍ/ｓ］と$\sqrt{\text{金属球の直径}}$［ｍｍ］の関係を表すグラフを、ステンレスと真鍮についてそれぞれ書いてみると、下図のように、直線で近似でき、さらに比例の関係があることがわかる．

※直径が 0ｍｍなら、終端速度は定義しないため、グラフでは白丸で表されるべきであるが、書きやすさの都合上、下のグラフは黒丸で書いていることをご了承願いたい．

	ステンレス2ｍｍ	ステンレス4.76ｍｍ	ステンレス6.35ｍｍ
√金属球の直径	1.41421	2.18174	2.51992
終端速度	66	100	120

	真鍮2ｍｍ	真鍮4.76ｍｍ	真鍮6.35ｍｍ
√金属球の直径	1.41421	2.18174	2.51992
終端速度	70	110	120

●ステンレス

●真鍮

以上より、終端速度は$\sqrt{\text{球体の直径}}$に比例することがわかる.

4.3 終端速度についての、金属球の密度と直径の相関関係

アルミニウムを用いて密度と直径の相関関係を考えることはできなかった.

5.結論

同じ直径で密度が異なる球体の終端速度は、(グラフ的に右に 0.99 ずれているものの)$\sqrt{\text{球体の密度}}$に比例し、同じ密度で直径が異なる球体の終端速度は、$\sqrt{\text{球体の直径}}$に比例することが分かった.

6.参考文献

https://www.cradle.co.jp/glossary/detail/0000000104
https://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1484017604
https://dictionary.goo.ne.jp/jn/104172/meaning/m0u/
https://kotobank.jp/word/%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%82%AF%E3%82%B9%E3%81%AE%E6%B3%95%E5%89%87-542526

7 .謝辞

今回の実験に協力していただいた方々に感謝する.

兵庫県立神戸高等学校　粂田　絵理奈先生（学校備品の貸し出し）

長坂　賢司先生（実験室の開放）

橋本　隆史先生（実験室の開放）