

【実験・探究】スーパーボールの反発係数（実験書・データ）

【目的】 圧縮ゴムの効果で大きく跳ね返るスーパーボールの跳ね返り係数を求める。

【準備】 スーパーボール，メジャー，高速度カメラ Casio Exilim EX-ZR800（30fps），三脚

【実験】 高速度カメラで写した写真の中で，一番高い位置にある写真から反発係数を求める。

①床に対して鉛直になるように壁にメジャーを貼り付ける。

②落下させる高さ h_0 を決め，自由落下させ，高速度カメラを用いて跳ね返った最高点の高さ h_{Max} を調べる。

③跳ね返る直前の速さを u_0 ，跳ね返った直後の速さを u_1 とするとき，エネルギー保存より，

$$mgh = (1/2)mv^2 \quad \text{よって, } u_0 = (\sqrt{2gh_0}),$$

$$u_1 = (\sqrt{2gh_{Max}})$$

跳ね返り係数 e は， $e = (\sqrt{h_{Max} / h_0})$ である。

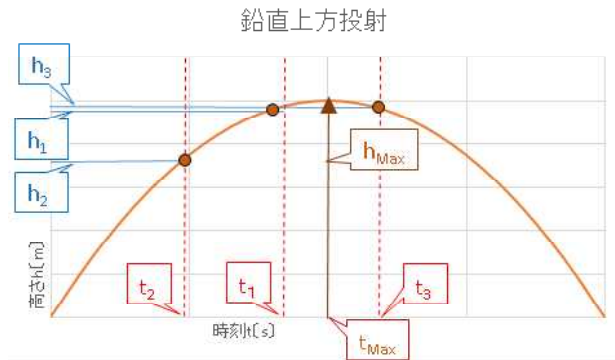
④高速度カメラに写った写真の中で，一番高い位置にあるものの高さを h_{Max} として，跳ね返り係数を求める。

【結果】

	高さ
h_0	0.800
h_{Max}	0.705

 $e = (\sqrt{0.705 / 0.800})$ より
 $e = [0.938 \div 0.94]$


【探究】 高速度カメラが捉えた映像で，最も高い位置の映像が必ずしも最高点とは限らない。すなわち，最も高く写っている時刻と高さを (t_1, h_1) とし，1つまえの映像の時刻と高さを (t_2, h_2) ひとつ後の時刻と高さを (t_3, h_3) とすると図のようになる。複数の位置データから，高さを時刻で表す2次関数 $y = h(t)$ を求め，その最大値を最高点 h_{Max} とする方法をとることができる。



$$h(t) = at^2 + bt + c = a(t + p)^2 + q$$

$$p = t_{Max} = -b/2a \quad q = h_{Max} = -(b^2 - 4ac)/4a$$

このような解析方法で最高点を求めた場合と上記実験の結果を比較してみよう。

【結果】

落下前の高さ h_0 [m]		0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
時	0	0.405	0.505	0.635	0.725	0.788
	1/30	0.450	0.550	0.673	0.755	0.825
刻	2/30	0.489	0.582	0.697	0.775	0.854
	3/30	0.513	0.599	0.708	0.781	0.870
t	4/30	0.522	0.603	0.708	0.775	0.874
	5/30	0.518	0.593	0.695	0.759	0.862
	6/30	0.505	0.570	0.668	0.730	0.839
	7/30	0.481	0.531	0.629		0.802
	8/30	0.445				
	9/30					

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

【実験・探究】スーパーボールの反発係数（レポート）

【目的】 圧縮ゴムの効果で大きく跳ね返るスーパーボールの跳ね返り係数を求める。

【実験】 高速度カメラで写した写真の中で、一番高い位置にある写真から反発係数を求める。

【結果】

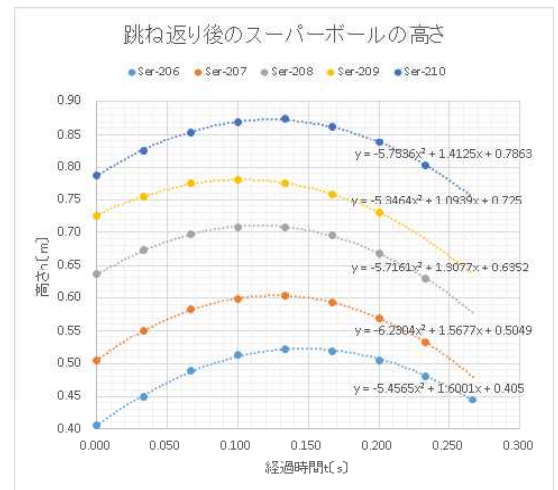
	高さ	$e = (\sqrt{h_{Max} / h_0})$ より
h_0	0.800	
h_{Max}	0.705	

$$e = [0.938 \div .94]$$

【探究】

【結果】【表①】 測定結果

落下前の高さ h_0 [m]	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
時刻	0	0.405	0.505	0.635	0.725	0.788
t [s]	1/30	0.450	0.550	0.673	0.755	0.825
	2/30	0.489	0.582	0.697	0.775	0.854
	3/30	0.513	0.599	0.708	0.781	0.870
	4/30	0.522	0.603	0.708	0.775	0.874
	5/30	0.518	0.593	0.695	0.759	0.862
	6/30	0.505	0.570	0.668	0.730	0.839
	7/30	0.481	0.531	0.629		0.802
	8/30	0.445				
	9/30					



【表②】 最高点の計算

落下前の高さ h_0 [m]	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
2次関数	a	-5.457	-6.230	-5.716	-5.346	-5.754
	b	1.600	1.568	1.308	1.094	1.412
	c	0.405	0.505	0.635	0.725	0.786
	$p(t_{Max})$	0.147	0.126	0.114	0.102	0.123
	$q(h_{Max})$	0.522	0.604	0.710	0.781	0.873
	$e (=q/h_0)$	0.93	0.93	0.94	0.93	0.93

【考察】

① 跳ね返り係数の測定誤差について

30fps (1秒間 30枚の撮像) カメラの性能では、有効数字2桁の範囲での誤差は僅少である。

② 落下の高さによって跳ね返り係数に違いは認められない。

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

【実験・探究】スーパーボールの反発係数（実験書）

【目的】 圧縮ゴムの効果で大きく跳ね返るスーパーボールの跳ね返り係数を求める。

【準備】 スーパーボール，メジャー，高速度カメラ Casio Exilim EX-ZR800（30fps），三脚

【実験】 高速度カメラで写した写真の中で，一番高い位置にある写真から反発係数を求める。

- ① 床に対して鉛直になるように，メジャーを壁に貼り付ける。
- ② 落下させる高さ h_0 を決め，自由落下させ，高速度カメラを用いて跳ね返った最高点の高さ h_{Max} を調べる。
- ③ 跳ね返る直前の速さを u_0 ，跳ね返った直後の速さを u_1 とするとき，エネルギー保存より，

$$mgh = (1/2)mv^2 \quad \text{よって, } u_0 = (\quad),$$

$$u_1 = (\quad)$$

跳ね返り係数 e は， $e = (\quad)$ である。

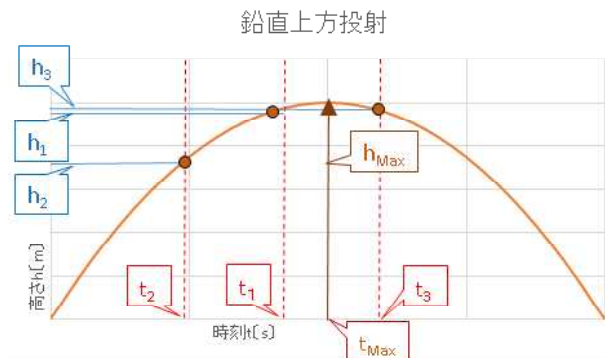
- ④ 高速度カメラに写った写真の中で，一番高い位置にあるものの高さを h_{Max} として，跳ね返り係数を求める。

【結果】

	高さ	$e = (\quad)$ より
h_0		$e = [\quad]$
h_{Max}		



【探究】 高速度カメラが捉えた映像で，最も高い位置の映像が必ずしも最高点とは限らない。すなわち，最も高く写っている時刻と高さを (t_1, h_1) とし，1つまえの映像の時刻と高さを (t_2, h_2) ひとつ後の時刻と高さを (t_3, h_3) とすると図のようになる。複数の位置データから，高さを時刻で表す2次関数 $y = h(t)$ を求め，その最大値を最高点 h_{Max} とする方法をとることができる。



$$h(t) = at^2 + bt + c = a(t + p)^2 + q$$

$$p = t_{Max} = -b/2a \quad q = h_{Max} = -(b^2 - 4ac)/4a$$

このような解析方法で最高点を求めた場合と上記実験の結果を比較してみよう。

【結果】

落下前の高さ h_0 [m]		0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
時 刻 t	0					
	1/30					
	2/30					
	3/30					
	4/30					
	5/30					
	6/30					
	7/30					
	8/30					
	9/30					

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

【実験・探究】スーパーボールの反発係数（レポート）

【目的】 圧縮ゴムの効果で大きく跳ね返るスーパーボールの跳ね返り係数を求める。

【実験】 高速度カメラで写した写真の中で、一番高い位置にある写真から反発係数を求める。

【結果】

	高さ
h_0	
h_{Max}	

$e = (\quad)$ より

$e = [\quad]$

【探究】

【結果】

落下前の 高さ h_0 [m]		0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
時刻 t [s]	0					
	1/30					
	2/30					
	3/30					
	4/30					
	5/30					
	6/30					
	7/30					
	8/30					
	9/30					

落下前の 高さ h_0 [m]		0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2 次 関 数	a					
	b					
	c					
	$p(t_{Max})$					
	$q(h_{Max})$					
$e (=q/h_0)$						

【考察】

① 30fps で撮影された映像の中で、最高の高さにあるフレームから測定した数値を最高点とする場合と2次関数に近似して最高点を求めた場合の誤差について検討せよ。

② 落下させる高さによって跳ね返り係数が変化するか。

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C	気圧 () hPa 湿度 () %