

# 物理実験レポート

報告者	1年9組26番 氏名 西浦 裕
実験テーマ	マドレーヌカップの落下運動
実験日時	平成27年10月9日(金) 気温 22.5℃ 気圧 1000 hPa
共同実験者	長手 千尋

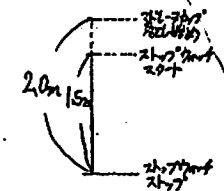
目的 雨滴の落下モデルとしてマドレーヌカップを用い、速度が遅い=場合の空気抵抗が速度に比例するを実験とコンピュータシミュレーションを組み合わせて確かめる。

準備物 マドレーヌカップ・メジャー・電子はかり・ストップウォッチ・チョーク・電卓: Excel

実験方法 <マドレーヌカップ落下実験>

- ①床から1.5mの高さで、壁にチョークで印をつける。
- ②マドレーヌカップを2mの高さから落下させ、チョークの印に達した瞬間から床に達する瞬間までの時間をストップウォッチを使って計測する。
- ③②を3回行い、結果を記録する。
- ④③で求めた結果の平均をもとにマドレーヌカップの速度を求める。
- ⑤使用したマドレーヌカップの質量を電子はかりを用いて計測する。

※②のときに2mの高さから落とすのは、高さ1.5mの時点でマドレーヌカップが終端速度に到達するようになっている。



<Excelを用いたコンピュータシミュレーション>

- ①空気抵抗を無視できない場合の落下運動をシミュレーションできるようにワークシートを作成する。このもととなる式は下記の通り。

$$ma = mg - kv^n$$

( $m$ : 物体の質量(kg),  $a$ : 物体の加速度(m/s<sup>2</sup>),  $g$ : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>),  $k$ : 定数,  $v$ : 物体の速度(m/s))

今回の実験は空気抵抗が速度に比例する( $n=1$ )であることを示してあげておきたい。詳しいワークシートの内容は後ほど記述する。(今回の実験では $n=1.8$ とする)

- ②ワークシートにマドレーヌカップの質量を入力。
- ③ $n=1$ を入力。
- ④適当な $k$ の値を入力して計算し、終端速度の計算値を求める。
- ⑤求めた終端速度が実験値と一致したかどうかを比較する。(誤差の許容範囲は5%以内)
- ⑥一致しない場合は②に戻り、新しい $k$ の値で再計算する。
- ⑦これによって求めた実験値と理論値が一致していれば、ここで作った $k$ の値は妥当である。モデルは正しい。もし一致しない場合は、 $n=2$ として②に戻って同じ手順を繰り返す。
- ⑧数値のデータをグラフにして可視化する。

~Excelで作成したワークシートの詳細~  
Excelで作成したワークシートの式は次の通りである。

	A	B	C	D	E	F
6	経過時間	力(N)		加速度(m/s <sup>2</sup> )	速度(m/s)	変位(m)
7	0	0.00	=C\$4+9.8-D\$4*ABS(E7)^1.8	=C7/\$C\$4	0.00000	=0.5*D7*(\$B\$4/2)^2
8	1	0.01	=C\$4+9.8-D\$4*ABS(E8)^1.8	=C8/\$C\$4	=E7+D7*\$B\$4	=F7+E8*\$B\$4
9	2	0.02	=C\$4+9.8-D\$4*ABS(E9)^1.8	=C9/\$C\$4	=E8+D8*\$B\$4	=F8+E9*\$B\$4
10	3	0.03	=C\$4+9.8-D\$4*ABS(E10)^1.8	=C10/\$C\$4	=E9+D9*\$B\$4	=F9+E10*\$B\$4

解: 時間 $t$  (s)  $C$ : 物体の質量(kg)  $D$ :  $k$   $E$ :  $v$

計算の流れ

- ① E7 は時刻 0.00 (s) の速度  $0.00000$  m/s と決まっている。
- ② C7 は  $mg - kv^n$  を求む。ABS (絶対値) を使うのは Excel 関数。E7 が決まっているので E7 の大きさの  $n$  乗を計算する。
- ③ 次に D7 が計算される。F (加速度) =  $m$  を取り除き、 $a = F/m$  として、F/m を求めている。
- ④ 次に E8 が計算される。これは、0.01 (s) という短い時間幅では、加速度が変化しないという考えが根拠にある。よってこの式は  $v = v_0 + at$  を使った。( $v_0$  は初速度) の場合、初速度  $v_0$  は 0.01 (s) 前の速度になる。
- ⑤ この値を  $v$  の代わりに E8 → C8 → D8 → E9 → C9 → ... の順で計算が進む。
- ⑥ F7 は  $x = vt + \frac{1}{2}at^2$  (加速度) を使っている。
- ⑦ F8 以降の F は 0.01 (s) という短い時間幅では、速度が変化しないとして計算されている。

実験結果 <マドレーヌカップ落下実験>  
3回の計測結果は下記の通り。

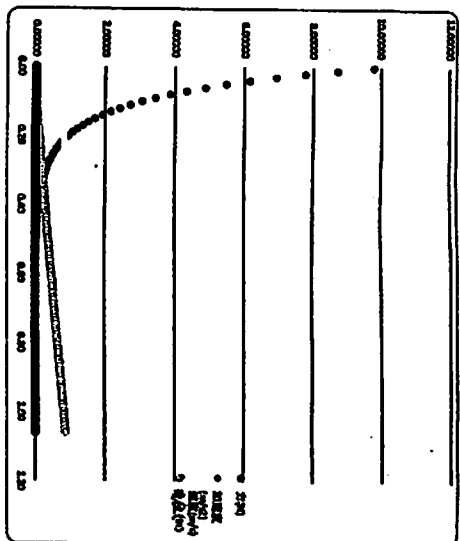
	回目	2回目	3回目	平均
落下時間(s)	1.75	1.54	1.73	1.67
速度 (m/s)	X			0.8982
マドレーヌカップ質量(kg)	0.0003			

<Excelを用いたコンピュータシミュレーション>  
結果は裏面の表・グラフの通り。

※必要な項目・・・実験目的 準備物 実験方法 実験結果 考察 感想  
※評価点・・・①提出期限 ②項目不足がないか ③丁寧さ ④経過の観察 ⑤論理立て

西浦 裕  
長手 千尋

データ列	値	単位	ラベル	色
1	0.01	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.02	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.03	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.04	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.05	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.06	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.07	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.08	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.09	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.10	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.11	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.12	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.13	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.14	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.15	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.16	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.17	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.18	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.19	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.20	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.21	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.22	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.23	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.24	0.0000	0.0000	0.0000
25	0.25	0.0000	0.0000	0.0000
26	0.26	0.0000	0.0000	0.0000
27	0.27	0.0000	0.0000	0.0000
28	0.28	0.0000	0.0000	0.0000
29	0.29	0.0000	0.0000	0.0000
30	0.30	0.0000	0.0000	0.0000
31	0.31	0.0000	0.0000	0.0000
32	0.32	0.0000	0.0000	0.0000
33	0.33	0.0000	0.0000	0.0000
34	0.34	0.0000	0.0000	0.0000
35	0.35	0.0000	0.0000	0.0000
36	0.36	0.0000	0.0000	0.0000
37	0.37	0.0000	0.0000	0.0000
38	0.38	0.0000	0.0000	0.0000
39	0.39	0.0000	0.0000	0.0000
40	0.40	0.0000	0.0000	0.0000
41	0.41	0.0000	0.0000	0.0000
42	0.42	0.0000	0.0000	0.0000
43	0.43	0.0000	0.0000	0.0000
44	0.44	0.0000	0.0000	0.0000
45	0.45	0.0000	0.0000	0.0000
46	0.46	0.0000	0.0000	0.0000
47	0.47	0.0000	0.0000	0.0000
48	0.48	0.0000	0.0000	0.0000
49	0.49	0.0000	0.0000	0.0000
50	0.50	0.0000	0.0000	0.0000
51	0.51	0.0000	0.0000	0.0000
52	0.52	0.0000	0.0000	0.0000
53	0.53	0.0000	0.0000	0.0000
54	0.54	0.0000	0.0000	0.0000
55	0.55	0.0000	0.0000	0.0000
56	0.56	0.0000	0.0000	0.0000
57	0.57	0.0000	0.0000	0.0000
58	0.58	0.0000	0.0000	0.0000
59	0.59	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.60	0.0000	0.0000	0.0000
61	0.61	0.0000	0.0000	0.0000
62	0.62	0.0000	0.0000	0.0000
63	0.63	0.0000	0.0000	0.0000
64	0.64	0.0000	0.0000	0.0000
65	0.65	0.0000	0.0000	0.0000
66	0.66	0.0000	0.0000	0.0000
67	0.67	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.68	0.0000	0.0000	0.0000
69	0.69	0.0000	0.0000	0.0000
70	0.70	0.0000	0.0000	0.0000
71	0.71	0.0000	0.0000	0.0000
72	0.72	0.0000	0.0000	0.0000
73	0.73	0.0000	0.0000	0.0000
74	0.74	0.0000	0.0000	0.0000
75	0.75	0.0000	0.0000	0.0000
76	0.76	0.0000	0.0000	0.0000
77	0.77	0.0000	0.0000	0.0000
78	0.78	0.0000	0.0000	0.0000
79	0.79	0.0000	0.0000	0.0000
80	0.80	0.0000	0.0000	0.0000
81	0.81	0.0000	0.0000	0.0000
82	0.82	0.0000	0.0000	0.0000
83	0.83	0.0000	0.0000	0.0000
84	0.84	0.0000	0.0000	0.0000
85	0.85	0.0000	0.0000	0.0000
86	0.86	0.0000	0.0000	0.0000
87	0.87	0.0000	0.0000	0.0000
88	0.88	0.0000	0.0000	0.0000
89	0.89	0.0000	0.0000	0.0000
90	0.90	0.0000	0.0000	0.0000
91	0.91	0.0000	0.0000	0.0000
92	0.92	0.0000	0.0000	0.0000
93	0.93	0.0000	0.0000	0.0000
94	0.94	0.0000	0.0000	0.0000
95	0.95	0.0000	0.0000	0.0000
96	0.96	0.0000	0.0000	0.0000
97	0.97	0.0000	0.0000	0.0000
98	0.98	0.0000	0.0000	0.0000
99	0.99	0.0000	0.0000	0.0000
100	1.00	0.0000	0.0000	0.0000



本グラフは、 $0.8500 \times 100 = 85.00\%$  の値を示しています。

本グラフの値  
 $\frac{0.8500}{0.8500} \times 100$   
 $= 100\%$

考察

Excelのグラフで、 $k=1$ ,  $k=0.0033$  としたとき、本グラフの値が  $0.8500\%$  となり、5%以内の誤差で、 $k$  の値は  $0.0033$  と推定される。この値は、本グラフの値が  $0.8500\%$  であるとき、Excelのグラフが  $0.8500\%$  を示していることと一致する。

本グラフの値が  $0.8500\%$  であることは、 $0.8500\%$  の値を示していることと一致する。

この値が  $0.8500\%$  であることは、本グラフの値が  $0.8500\%$  であることを示していることと一致する。

本グラフの値が  $0.8500\%$  であることを示していることと一致する。

本グラフの値が  $0.8500\%$  であることを示していることと一致する。

本グラフの値が  $0.8500\%$  であることを示していることと一致する。

感想

本グラフの値が  $0.8500\%$  であることを示していることと一致する。

本グラフの値が  $0.8500\%$  であることを示していることと一致する。

本グラフの値が  $0.8500\%$  であることを示していることと一致する。

