

Date of Lab 09/14/2016Date of Submission 09/21/2016

Laboratory Report

Title

表題 スパークタイマーによる加速度運動の解析実験

Homeroom 11-0	Section 2	Name 氏名 竹田 竣介
------------------	--------------	---------------------

Lab Partners 久保公嗣
共同実験者

Summary

スパークタイマーと感熱紙を用いて、斜面を下降する力学台車の加速度について実験をした。斜面の角度と台車の質量を変え、その記録を分析した。

その結果、質量が加速度に与える影響は^{小さく}なく、斜面の角度が台車の加速度と相関関係にあった。また斜面の角度が"急になるほど"加速度は増大し、角度が"小さくなるほど"加速度は減少した。

- Meet a deadline
- Write logically
- Write clearly
- Write with your own words
- 締切り守って
- 論理的に
- わかりやすく
- 自分のことばで

Teacher Comments

「v-tグラフが直線であり、等加速度運動である」との結論は正しい。大事な指摘であり、表のグラフとも正確である。
(要旨にも書くべきである)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Due 提出期限	Summary 要旨	Intro. 序	Method. 方法	Results 結果	Table/Fig. 表/図	Discussion 考察	Clearness わかりやすさ	General 全般
+					++	+	+	+++

* Write your report in Japanese or in English * Use this form as a cover sheet.

* Submit your reports by the seventh day after your lab.

スパークタイマーによる加速度運動の解析実験

序

目的：

力学台車とスパークタイマーを、用いて斜面を下降する台車の等加速度運動を台車の質量と傾斜の傾きを変化させ、加速度との因果関係を解析する。

理論：

力学台車が斜面を下降する運動は、一直線上を一定の加速度で台車が進むため等加速運動である。また加速度は質量の影響を受けない。この実験では平均加速度を求める為に以下の式を利用する。

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v' - v}{t' - t}$$

$$v = v_0 + at$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

v:実験前の速度 [m/s] t:実験前の時間[s] x:変位[m]
v':実験後の速度 [m/s] t':実験後の時間[s] a:加速度[m/s²]

仮説と実験手順は分けてやるよ。

仮説・実験手順：

等加速運動の場合、加速度は台車の質量の影響を受けず一定であるはずである。しかし一方、力は加速度と質量に影響する。台車の加速度は傾斜が急なほど早くなる。この実験では傾斜の角度と台車の質量を変え、斜面を下降する台車を4つの場合に分けて比較し分析する。

実験

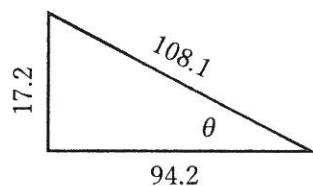
使用器具：

- ・スパークタイマー (タイプ A・60Hz)
- ・力学台車
- ・感熱紙
- ・250g のおもり ×2
- ・1m レール、固定器具、巻尺、定規

実験方法：

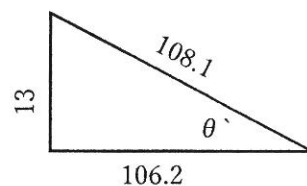
1. レールの角度を大きめに設定し、装置を組み立てる。
2. この時のレールの長さや装置の高さを測り、角度 (θ) を計算より算出する。このとき装置が三角形ではなく、台形になっているの角度を求める際に気を付ける。
3. 約 1m に切った感熱紙を表裏に気を付け、スパークタイマーと台車にセットする。この時、感熱紙が固定器具に当り摩擦が起こることを避ける。
4. スパークタイマーの電源を入れ、装置の上から斜面を落下させる。初速度を 0 にする為に、台車は自然に降下させる。
5. スパークタイマーの電源を切り、感熱紙に付けられた黒点を 6 つずつ (0.1 秒) に区切り、解析する。
6. 1.~5. の手順を同様におもりの質量と傾斜の傾きを変化させ、繰り返す。

テスト①と②の装置 (台形から底を引く)



$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{17.2}{94.2}\right) = \underline{10.35^\circ}$$

テスト③と④の装置



$$\theta' = \tan^{-1}\left(\frac{13}{106.2}\right) = \underline{6.982^\circ}$$

実験結果

表はきれいに
まとめていい

表 1 力学台車の下降 テスト① ($\theta=10.35^\circ$ 、おもりなし)

① 経過時刻 [s]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
変位 [$\times 10^{-2}m$]	0	2.35	6.25	11.65	18.6	27.15	37.24	48.85	61.95	76.65
0.1秒間の変位 [$\times 10^{-2}m$]	2.35	3.90	5.40	6.95	8.55	10.09	11.61	13.1	14.7	
0.1秒間の平均速度 [$\times 10^{-2}m/s$]	23.5	39.0	54.0	69.5	85.5	100.9	116.1	131	147	
中央の時刻 [s]	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	

$$\text{加速度} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{147 - 23.5 \text{ (} 10^{-2}m/s \text{)}}{0.85 - 0.05(s)} = 154.375$$

$$\text{加速度} = 154 \text{ [} \times 10^{-2}m/s^2 \text{]}$$

加速度は
ひとづらつかり
求めなさい

表 2 力学台車の下降 テスト② ($\theta=10.35^\circ$ 、おもり 250g $\times 2$ 個)

② 経過時刻 [s]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
変位 [$\times 10^{-2}m$]	0	2.35	6.36	12.06	19.38	28.23	38.73	50.78	64.43	79.71
0.1秒間の変位 [$\times 10^{-2}m$]	2.35	4.01	5.70	7.32	8.85	10.5	12.05	13.65	15.28	
0.1秒間の平均速度 [$\times 10^{-2}m/s$]	23.5	40.1	57.0	73.2	88.5	105	120.5	136.5	152.8	
中央の時刻 [s]	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	

$$\text{加速度} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{152.8 - 23.5}{0.85 - 0.05} = 161.625$$

$$\text{加速度} = 162 \text{ [} \times 10^{-2}m/s^2 \text{]}$$

表 3 力学台車の下降 テスト③ ($\theta=6.98^\circ$ 、おもりなし)

③ 経過時刻 [s]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
変位 [$\times 10^{-2}m$]	0	1.60	4.50	8.45	13.55	19.75	27.05	35.5	44.9	54.4
0.1秒間の変位 [$\times 10^{-2}m$]	1.60	2.90	3.95	5.10	6.20	7.30	8.45	9.40	9.50	
0.1秒間の平均速度 [$\times 10^{-2}m/s$]	16.0	29.0	39.5	51.0	62.0	73.0	84.5	94.0	95.0	
中央の時刻 [s]	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	

$$\text{加速度} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{84.5 - 62.0}{0.65 - 0.45} = 112.5$$

$$\text{加速度} = 112 \text{ [} \times 10^{-2}m/s^2 \text{]}$$

表4 力学台車の下降 テスト④ ($\theta=6.982^\circ$ 、おもり $250g \times 2$ 個)

④ 経過時刻 [s]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
変位 [$\times 10^{-2}m$]	0	1.70	4.70	8.80	14.1	20.7	28.25	37.05	47.05	58.05
0.1秒間の変位 [$\times 10^{-2}m$]	1.70	3.00	4.10	5.30	6.60	7.55	8.80	10.0	11.0	
0.1秒間の平均速度 [$\times 10^{-2}m/s$]	17.0	30.0	41.0	53.0	66.0	75.5	88.0	100	110	
中央の時刻 [s]	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	

$$\text{加速度} = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{110 - 17.0}{0.85 - 0.05} = 116.25$$

$$\text{加速度} = 116 \text{ [} \times 10^{-1} m/s^2 \text{]}$$

表5 質量と加速度の表

(このまゝおもりはわかりやすくしてよい)

テスト	おもりの質量 [g]	角度 (θ) [$^\circ$]	加速度 (計算値) [$\times 10m/s^2$]	注
①	0	10.35	1.54	θ の値を固定して測定
②	500	10.35	1.62	テスト①と②で若干角度が変わった可能性がある。質量は変化させたが加速度に影響なし。
③	0	6.982	1.12	θ の値を変えて測定する
④	500	6.982	1.16	③と同じ角度で台車の質量を変えて測定。多少角度に変化があった可能性あり。

図 1.

0.1秒間の平均速度の変化 (v-tグラフ)

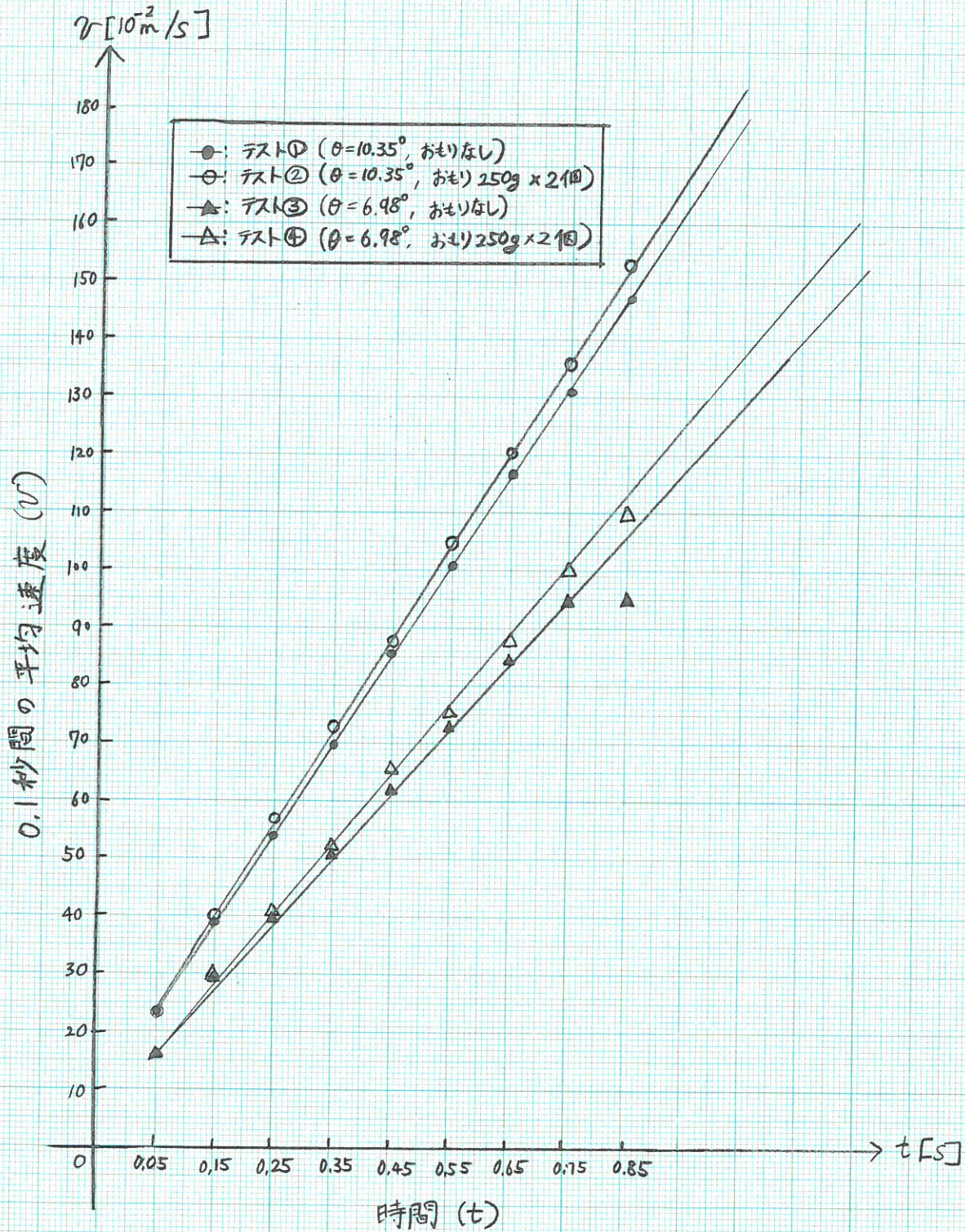
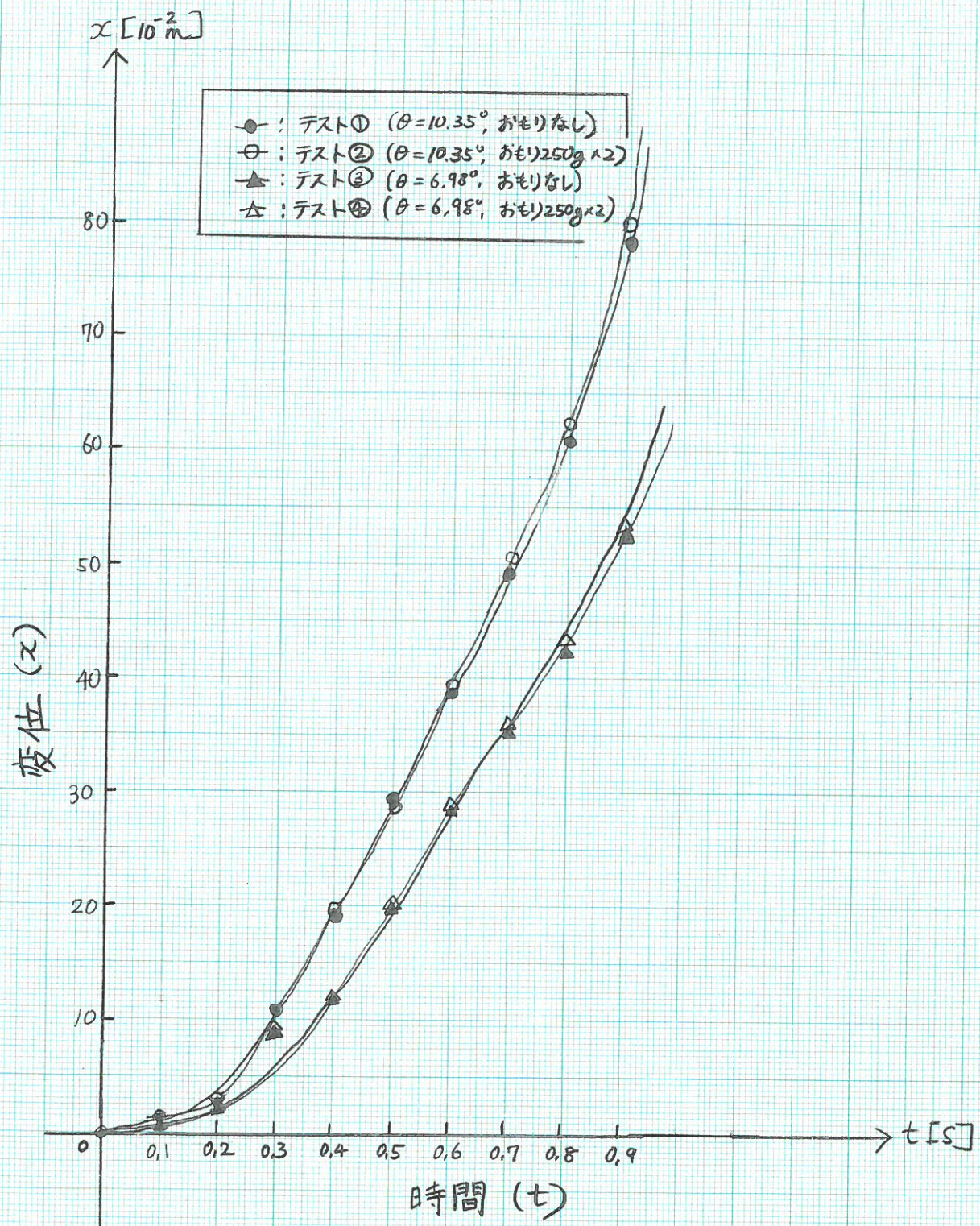


図2. x-t グラフ



考察

テスト①とテスト②では台車の質量が違っても関わらず、誤差が約5%と加速度がほぼ同じであることが言える。また③と④のテストを比較すると、これもまた先の実験同様に加速度の差が3.5%しかなく、同じ加速度を持っていることが言える。これは質量と加速度が相関関係にないことを証明している。しかし一方でレールの角度(θ)を変えると、加速度に変化が生じた。よって加速度は仮説通り、この実験では斜面の傾きのみが影響することが分かる。また斜面が急なほど加速度は大きくなっている。

実験の結果に誤差が生じた要因は幾つか考えられる。まず、台車がレール上を走る際の空気抵抗である。この問題を解決するには真空状態の環境で実験を行う必要がある。次にレールと台車のタイヤの摩擦も考えられる。この動摩擦は物体の運動に大きな影響を与える可能性があり、加速度を計算する際に動摩擦の影響も考慮する必要性を感じる。また注意を払っていた感熱紙と固定具の摩擦も多少は影響しているだろう。

結論

台車の加速度に質量は相関せず、斜面の傾き(θ)が相関する。 $v-t$ グラフも直線で、台車の運動は等加速運動であったと言える。理論上の数値との誤差はあったものの、ほぼ仮説通りの結果が得られた。より正確に測定する場合、空気抵抗や摩擦を考量する必要がある。

この指定は
大変良い
(考察でも
出せる
べき
あ子か)

感想

11年生初めての実験ということもあり、正確なデータの測定や有効数字等がまだ不慣れで難しかった。授業で習ったことを、実例を目の前にして復習できる貴重な機会だった。物理は問題を読むだけでなく、図を描く・実験を行うことで実感が湧き、理解が深まると思う。質量は加速度ではなく荷重に相関するというのは初耳で興味深かった。

文献

- Erina Hoshi (2013 J) 先輩のレポート
Kenjyu Mita (2013 J) 先輩のレポート
Natsumi Endo (2012) 先輩のレポート
Yuika Nakatani (2011) 先輩のレポート