

## 【実験】運動方程式と加速度（実験書・データ）

【目的】滑車を使い連結された2物体を観察することによって、加速度と運動方程式の理解を深める

【準備】鉄道模型（Nゲージレール2本、貨車 TORA70000 型）90cm × 7cm 位の板等、マグネット付滑車、凧糸、おもり 10g ~ 40g、粘土、速度測定器

### 【実験の方法】

#### 1 実験装置

① 90cm の板の上に N ゲージレールを 2 本つなぎ、両端をセロテープで固定する。板の端には、ステンレス板を 5cm 角程度の板の上に張り付けて、マグネット付滑車をつける。

② 貨車には粘土を積載し、全重量が 20g と 30g のものを 2 種類準備する。



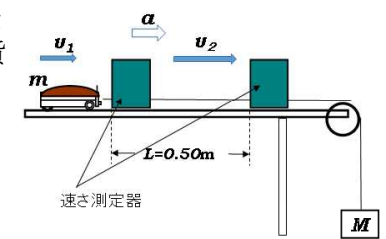
#### 2 実験方法

(1)理論 糸の張力  $T$ 、重力加速度  $g$  とするとき、摩擦などを無視すると貨車（質量  $m$ ）おもり（質量  $M$ ）には図のような力がはたらくので、貨車とおもりの運動方程式は、

$$ma = [ T ] \dots \textcircled{1} \quad Ma = [ Mg - T ] \dots \textcircled{2}$$

①②より、加速度  $a$  を求めると、

$$a = [ \frac{M}{M+m} g ] \dots \textcircled{3} \quad \text{である。}$$



#### (2)実験

① 速さ測定器を 0.50m 離して置く。

② 凧糸の片端を貨車に、他端におもりをつけ、貨車を押さえておもりを吊り下げ、貨車を静かに離す。2カ所の速度測定器で速さ  $u_1, u_2$  を測定する。

③ 貨車とおもりの質量の組み合わせを変えて加速度を測定する。

$$a = (u_2^2 - u_1^2) / 2L \dots \textcircled{1}$$

### 【結果】

① 質量比  $m/M$  を横軸にとり加速度  $a$  を縦軸にとって摩擦のない場合（理論値）と比較せよ。

7) 質量  $M=(11.3\text{g})$   $m=(20.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.48	1.68	2.59
2	0.52	1.71	2.65
3	0.49	1.70	2.65
4	0.45	1.69	2.65
5	0.42	1.68	2.65
$m/M = (1.77)$	平均		2.64

8) 質量  $M=(20.0\text{g})$   $m=(20.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.66	2.05	3.77
2	0.59	2.07	3.94
3	0.49	2.05	3.96
4	0.34	2.01	3.92
5	0.67	2.09	3.92
$m/M = (1.00)$	平均		3.90

9) 質量  $M=(31.3\text{g})$   $m=(20.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.69	2.35	5.05
2	0.67	2.36	5.12
3	0.61	2.34	5.10
4	0.76	2.37	5.04
5	0.60	2.33	5.07
$m/M = (0.64)$	平均		5.06

10) 質量  $M=(40.0\text{g})$   $m=(20.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.79	2.50	5.63
2	0.65	2.46	5.63
3	0.62	2.43	5.52
4	0.57	2.44	5.63
5	0.46	2.45	5.79
$m/M = (0.50)$	平均		5.64

11) 質量  $M=(11.3\text{g})$   $m=(30.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.43	1.50	2.07
2	0.49	1.51	2.04
3	0.43	1.47	1.98
4	0.48	1.52	2.08
5	0.43	1.49	2.04
$m/M = (0.96)$	平均		2.04

12) 質量  $M=(20.0\text{g})$   $m=(30.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.53	1.86	3.18
2	0.50	1.84	3.14
3	0.57	1.87	3.17
4	0.53	1.83	3.07
5	0.47	1.83	3.13
$m/M = (1.50)$	平均		3.14

13) 質量  $M=(31.3\text{g})$   $m=(30.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.69	2.18	4.28
2	0.54	2.12	4.20
3	0.61	2.13	4.16
4	0.70	2.17	4.22
5	0.69	2.17	4.23
$m/M = (0.96)$	平均		4.22

14) 質量  $M=(40.0\text{g})$   $m=(30.0\text{g})$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1	0.74	2.32	4.83
2	0.70	2.29	4.75
3	0.50	2.25	4.81
4	0.71	2.31	4.83
5	0.71	2.30	4.79
$m/M = (0.75)$	平均		4.80

15) 質量  $M=( )\text{g}$   $m=( )\text{g}$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			
$m/M = ( )$	平均		

【考察】質量比  $m/M$  を横軸にとり加速度  $a$  を縦軸にとってグラフを作り、摩擦のない場合の加速度（理論値）と比較せよ。

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】運動方程式と加速度（レポート）

【目的】滑車を使い連結された2物体を観察することによって、加速度と運動方程式の理解を深める

### 【実験方法】

(1)理論 糸の張力  $T$ 、重力加速度  $g$  とするとき、摩擦などを無視すると貨車（質量  $m$ ）おもり（質量  $M$ ）には図のような力がはたらくので、貨車とおもりの運動方程式は、

$$ma = [ T ] \dots \textcircled{1} \quad Ma = [ Mg - T ] \dots \textcircled{2}$$

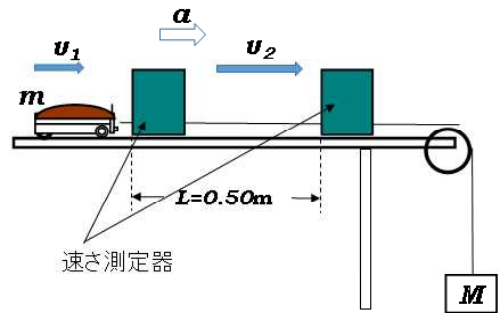
①②より、加速度  $a$  を求めると、 $\beta = m/M$  と置き変えると  
 $a = [ \{M / (M+m)\}g ] = [ 1 / (1 + \beta) ] g \dots \textcircled{3}$

である。質量比で決まる値、 $x = 1 / (1 + \beta)$  を横軸に取り、加速度  $a$  を縦軸にとると  $a = xg$  となり、原点を通る傾き  $g$  の直線になることが予測できる。

### (2)実験

- ①速さ測定器を  $0.50m$  離して置く。
- ②風糸の片端を貨車に、他端におもりをつけ、貨車を押さえておもりを吊り下げ、貨車を静かに離す。2カ所での速度測定器で速さ  $u_1, u_2$  を測定する。
- ③貨車とおもりの質量の組み合わせを変えて加速度を測定する。

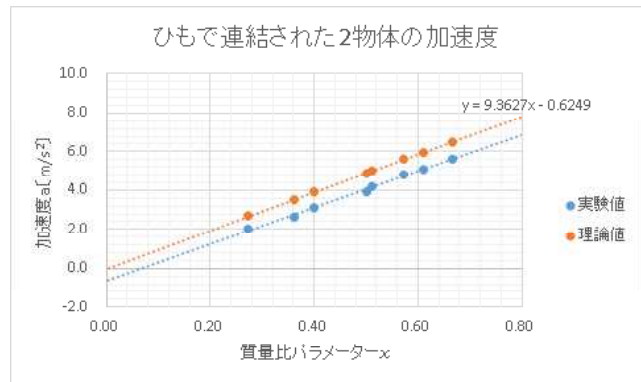
$$a = (u_2^2 - u_1^2) / 2L \dots \textcircled{1}$$



### 【結果】

	$m$	$M$	$\beta = m/M$	$x = 1/(1+\beta)$	加速度	
					理論値 $a=xg$	測定値
ア)	11.3	20.0	1.77	0.36	3.54	2.64
イ)	20.0	20.0	1.00	0.50	4.90	3.90
ウ)	31.3	20.0	0.64	0.61	5.98	5.08
エ)	40.0	20.0	0.50	0.67	6.53	5.64
オ)	11.3	30.0	2.65	0.27	2.68	2.04
カ)	20.0	30.0	1.50	0.40	3.92	3.14
キ)	31.3	30.0	0.96	0.51	5.00	4.22
ク)	40.0	30.0	0.75	0.57	5.60	4.80

理論値と測定値をグラフに表すと右図のようになる。



### 【考察】

実験結果のグラフの式は、 $a = (9.36x - 0.62) \text{ m/s}^2$  と表される。予想 ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ) より、 $9.36 \text{ m/s}^2$  と傾きが小さいこと、 $-0.62 \text{ m/s}^2$  と原点を通らなかったことは、摩擦を考慮する必要があるかもしれない。車輪とレールの摩擦、車軸の摩擦、滑車の摩擦等をまとめて仮に  $-F'$  [N] とすると運動方程式は、

$$(M+m) a = Mg - F'$$

であるから、

$$a = \{M / (M+m)\}g - \{F' / (M+m)\} = xg - \{F' / (M+m)\}$$

となる。ここで、2物体の質量の和を一定になるように選び、同様の実験を行うことで、縦軸の交点から、総摩擦力の大きさを推定できる可能性がある。

### 【感想】

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】運動方程式と加速度（実験書）

【目的】滑車を使い連結された2物体を観察することによって、加速度と運動方程式の理解を深める

【準備】鉄道模型（Nゲージレール2本、貨車 TORA70000型）90cm×7cm位の板等、マグネット付滑車、凧糸、おもり10g～40g、粘土、速度測定器

### 【実験の方法】

#### 1 実験装置

① 90cmの板の上にNゲージレールを2本つなぎ、両端をセロテープで固定する。板の端には、ステンレス板を5cm角程度の板の上に張り付けて、マグネット付滑車をつける。

② 貨車には粘土を積載し、全重量が20gと30gのものを2種類準備する。



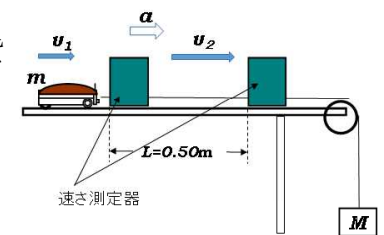
#### 2 実験方法

(1)理論 糸の張力T、重力加速度gとすると、摩擦などを無視すると貨車（質量m）おもり（質量M）には図のような力がはたらくので、貨車とおもりの運動方程式は、

$$ma = [ \quad ] \cdots \cdots \textcircled{1} \quad Ma = [ \quad ] \cdots \cdots \textcircled{2}$$

①②より、加速度aを求めると、

$$a = [ \quad ] \cdots \cdots \textcircled{3} \quad \text{である。}$$



#### (2)実験

① 速さ測定器を0.50m離して置く。

② 凧糸の片端を貨車に、他端におもりをつけ、貨車を押さえておもりを吊り下げ、貨車を静かに離す。2カ所の速度測定器で速さ $u_1$ 、 $u_2$ を測定する。

③ 貨車とおもりの質量の組み合わせを変えて加速度を測定する。

$$a = (u_2^2 - u_1^2) / 2L \cdots \cdots \textcircled{1}$$

### 【結果】

① 質量比 $m/M$ を横軸にとり加速度 $a$ を縦軸にとって摩擦のない場合（理論値）と比較せよ。

ア) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$     イ) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$     ウ) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

エ) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$

オ) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$

カ) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

キ) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$

ク) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$

ケ) 質量 $M=( \quad )g$   $m=( \quad )g$

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

回	$u_1$	$u_2$	$a$
1			
2			
3			
4			
5			

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

$m/M = ( \quad )$  平均  $\quad$

【考察】質量比 $m/M$ を横軸にとり加速度 $a$ を縦軸にとってグラフを作り、摩擦のない場合の加速度（理論値）と比較せよ。

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】運動方程式と加速度（レポート）

【目的】滑車を使い連結された2物体を観察することによって、加速度と運動方程式の理解を深める

### 【実験方法】

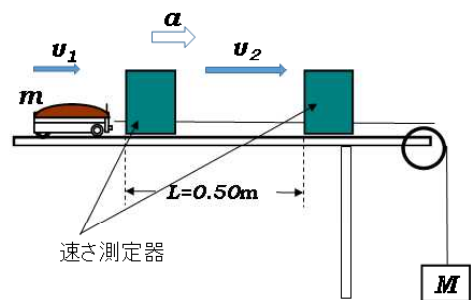
(1)理論 糸の張力  $T$ 、重力加速度  $g$  とするとき、摩擦などを無視すると貨車（質量  $m$ ）おもり（質量  $M$ ）には図のような力がはたらくので、貨車とおもりの運動方程式は、

$$ma = [ \quad ] \cdots \textcircled{1} \quad Ma = [ \quad ] \cdots \textcircled{2}$$

①②より、加速度  $a$  を求めると、 $\beta = m/M$  と置き変えると

$$a = [ \quad ] = [ \quad ] g \cdots \textcircled{3}$$

である。質量比で決まる値、 $x = 1 / (1 + \beta)$  を横軸に取り、加速度  $a$  を縦軸にとると  $a = xg$  となり、原点を通る傾き  $g$  の直線になることが予測できる。



### (2)実験

①速さ測定器を  $0.50m$  離して置く。

②風糸の片端を貨車に、他端におもりをつけ、貨車を押さえておもりを吊り下げ、貨車を静かに離す。2カ所での速度測定器で速さ  $u_1$ 、 $u_2$  を測定する。

③貨車とおもりの質量の組み合わせを変えて加速度を測定する。

$$a = (u_2^2 - u_1^2) / 2L \cdots \textcircled{1}$$

### 【結果】

	$m$	$M$	$\beta = m/M$	$x = 1/(1+\beta)$	加速度	
					理論値 $a = xg$	測定値
ア)						
イ)						
ウ)						
エ)						
オ)						
カ)						
キ)						
ク)						

理論値と測定値をグラフに表すと右図のようになる。

### 【考察】

### 【感想】

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