

## 【演示】 水平投射と斜方投射(実験書)

**【目的】** 水平投射と斜方投射を表す式の導出について等速度運動と等加速度運動の本質から導出できるようにする。

**【準備】** 180cm 木材, 180cm モールドレール, ビス, 糸, おもり, 台となる板



### 【実験方法】

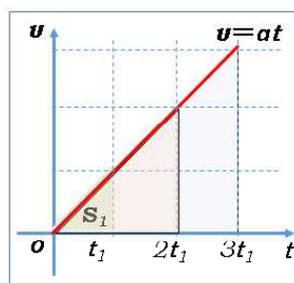
#### 1 実験装置

A 目盛 180cm の木材にモールドレールを取り付け, 端から 20cm 刻みに 180cm まで等間隔の目印をつける。

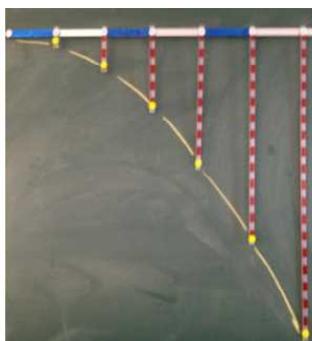
B 目盛同様に反対側に, 端から 1:4:9 の位置, すなわち 0cm, 20cm, 80cm, 180cm の位置に目印をつける。また, 0cm, 15cm, 60cm, 135cm の位置に目印をつける。

#### 2 理論

ガリレイは, 等加速度 (速度  $v$  が時間に比例する) 運動であれば, 移動距離  $x$  が時間の 2 乗に比例するはずだと考えた。図のように時刻  $t_1$  のとき距離  $S_1$  だけ進んだとすると, 距離は  $v-t$  図の面積で表されるので  $S_1 = (1/2)ut_1 = (1/2)at_1^2$  である。 $t_1$  の 2 倍, 3 倍の時間で進む距離は図の面積より,  $S_1$  の 4 倍, 9 倍の距離を進むことになる。したがって, 初速度  $u_0$  の等速運動は  $x_{\text{等速}} = u_0t$  で表され, 初速度 0 で加速度  $a$  の等加速度運動は  $x_{\text{等加}} = (1/2)at^2$  で表される。斜面が垂直になった場合は, 加速度は重力加速度  $g$  となり,  $y = (1/2)gt^2$  となる (鉛直方向だから変位を  $y$  と書いている)。地球上で起きている重力による運動は, この 2 つの運動が重なって起こっている。すなわち, 等速運動の要素と等加速度運動の要素が重なっている。水平に物体を投げた放物運動はどう



説明できるだろう。重力がはたらかなければ物体は等速運動をするので, 水平に  $u_0t$  進み, 重力がはたらいているのでそれぞれの位置から  $(1/2)gt^2$  落ちると考えられる。斜めに投げた場合も, 重力がなければ投げた初速度  $u_0$  の方向に  $u_0t$  進み, そこから  $(1/2)gt^2$  落ちると考えられる。



#### 【実験】

①**等速度運動** 実験机に A 目盛を見えるようにレールを水平に置き, 鋼球をゆっくり転がし, 1 秒ごとに手を叩きながら, ほぼ等間隔であることを確認する。必要なら復習のため連写カメラを使って  $v-t$  図を作成する。

②**等加速度運動** 実験机に B 目盛を見えるように, レールを置き目盛 0 の下に 3cm 程度の板を挟む。位置 0cm から静かに鋼球を離し, 転がす。1 つ前の鋼球が 20cm (または 15cm) に移動したら, 次の鋼球を次々に離す。距離を置いて観察すると, およそ 1:4:9 の位置にあることを確認できる。傾きを変えてもこの関係が変わらないことを確認する。

③**重力による落下** 図のように, 等間隔の目盛をつけた木材に,  $1^2, 2^2, 3^2 \dots$  の長さの紐をつけて吊り下げる。棒の角度を変えて水平投射や斜方投射を観察しよう。

#### 【結果と考察】

(1) 水平投射と斜方投射の式を導出せよ。

(2) 鉛直上方投射の式を導出せよ。

(3)  $x$  軸上を, 正の向きに初速度  $u_0$ , 加速度  $a$  で運動する物体の変位  $x$  を表す式を導出せよ。

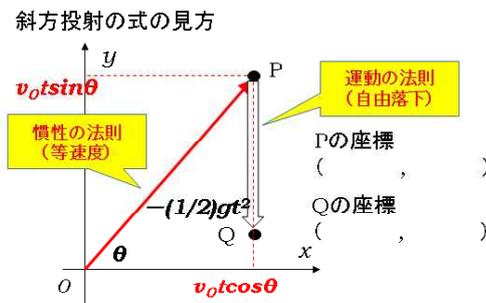
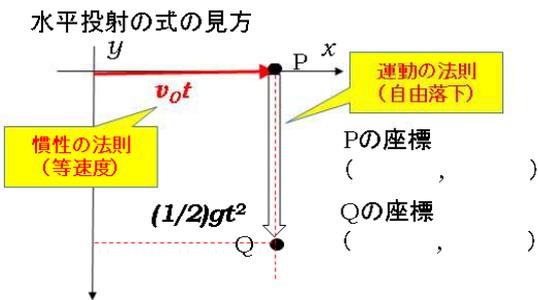
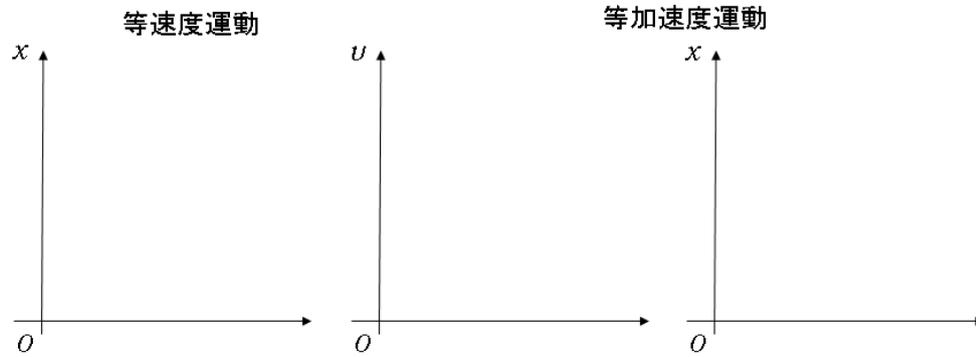
講座 ( ) ( ) 年 ( ) 組 ( ) 席 名前	共同実験者
( ) 月 ( ) 日 ( ) 曜 ( ) 限 気温 ( ) °C	気圧 ( ) hPa 湿度 ( ) %

## 【演示】 水平投射と斜方投射（レポート）

【目的】 水平投射と斜方投射を表す式の導出について等速度運動と等加速度運動の本質から導出できるようにする。

【実験結果】

(1) ①等速度運動（初速度 0）      (2) ②等加速度運動（初速度 0）      横軸は時間経過



(1) 水平投射

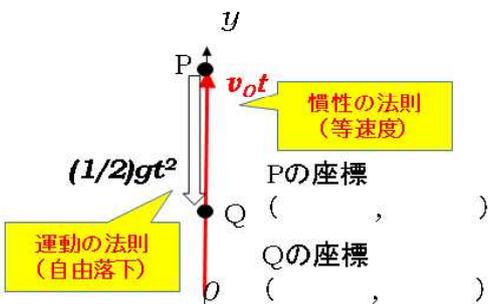
P  $x = v_0 t$      $y = 0$   
 Q (                      )

斜方投射

P  $x = v_0 t \cos \theta$      $y = v_0 t \sin \theta$   
 Q (                      )

(2) 鉛直上方投射

鉛直上方投射の式の見方



P  $y = v_0 t$   
 Q (                      )

(3)  $x_{\text{等速}} + x_{\text{等加}} = ( \quad )$

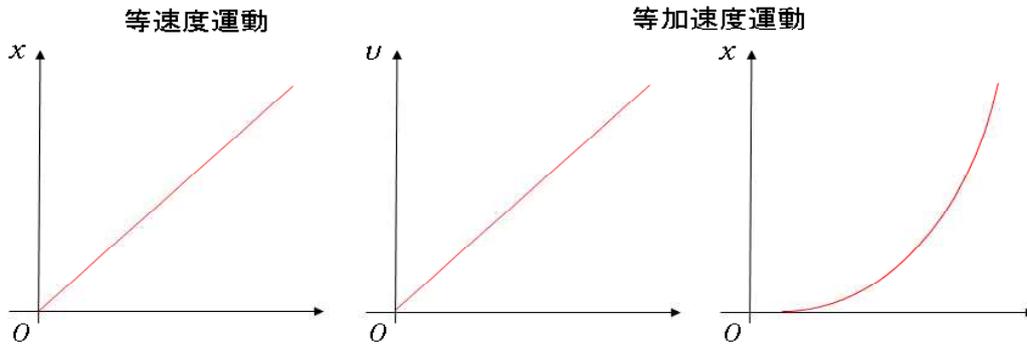
講座 (   ) (   ) 年 (   ) 組 (   ) 席 名前	共同実験者
(   ) 月 (   ) 日 (   ) 曜 (   ) 限 気温 (   ) °C 気圧 (   ) hPa 湿度 (   ) %	

## 【演示】 水平投射と斜方投射 (データ・レポート)

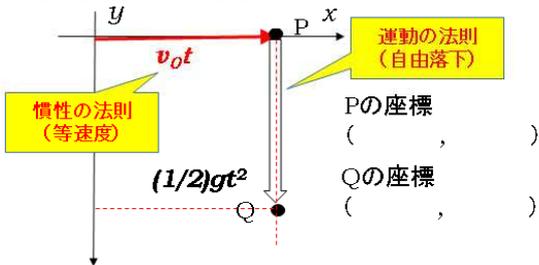
【目的】 水平投射と斜方投射を表す式の導出について等速度運動と等加速度運動の本質から導出できるようにする。

【実験結果】

(1) ①等速度運動 (初速度 0)      (2) ②等加速度運動 (初速度 0)      横軸は時間経過



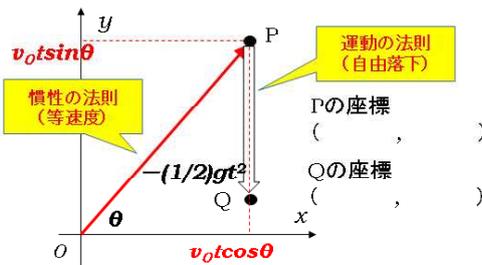
水平投射の式の見方



(1) 水平投射

P  $x = v_0 t$        $y = 0$   
 Q  $x = v_0 t$        $y = (1/2)gt^2$

斜方投射の式の見方

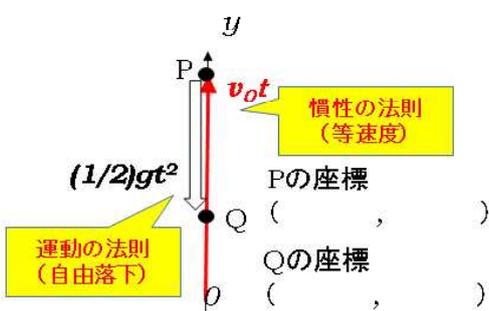


斜方投射

P  $x = v_0 t \cos \theta$        $y = v_0 t \sin \theta$   
 Q  $x = v_0 t \cos \theta$        $y = v_0 t \sin \theta - (1/2)gt^2$

(2) 鉛直上方投射

鉛直上方投射の式の見方



P  $y = v_0 t$   
 Q  $y = v_0 t - (1/2)gt^2$

(3)  $x_{\text{等速}} + x_{\text{等加}} = v_0 t + (1/2)at^2$

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