

図 1-1

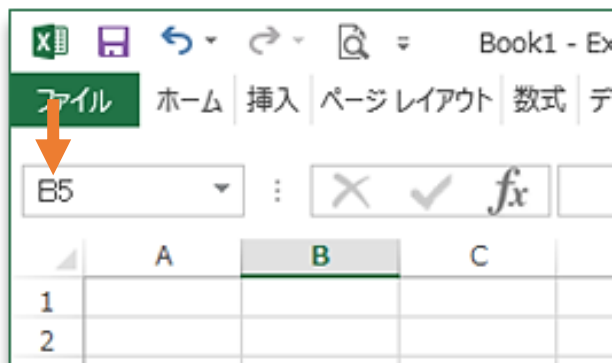


図 1-2



図 1-3

## Excel を開く



### Excel のアイコン

デスクトップ画面の Excel のアイコンを左ダブルクリックすると、エクセルを起動することができます。

すると図 1-1 のような何も書かれていない方眼の表 Book1-Excel が出てきます。図 1-1 では B 列の 5 行目のところのマス目が太線で囲まれていますね。このマス目一つをセルと呼んでいます。例えばこの太線で囲まれたセルを「セル B 5」と呼びます。

マウスを動かして適当なセルを左クリックして見ましょう。

今度はクリックしたところが太線で囲まれますね。これでどこのセルに注目しているかがわかるようになっています。また図 1-2 の矢印のように、今太線で囲まれているセルの名前が左上の窓に出てくるようになっています。

## セルに文字を書く

セルに文字を書くには、注意が必要です。というのもひらがな・漢字とアルファベット・数字が混在して書かれることが多いからです。半角（アルファベットや記号・数字）と全角（ひらがな・漢字）を切り替えるには、図 1-3 のようにキーボード左上にある「半角／全角」切り替えボタン（キー）をそのたびに押す必要があります。これは漢字文化と西欧文化の言語の違いだと割り切りましょう。

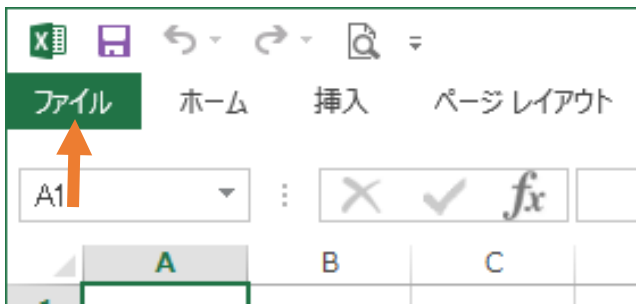


図 1-4



図 1-5

## ファイルの保存

ここでこれからの計算機実験の作業場となるこのエクセルファイルに名前をつけて、君の USB に保存しておきましょう。これは最初にやる大事な作業です。

### 手順 1

まず図 1-4 の「ファイル」というタブを左クリックしてメニューを出し、矢印①の「名前をつけて保存」を左クリックします。タブというのはフォルダに書類を分類するときのペロンと出てる名札みたいな所です。

すると図 1-5 のような「名前をつけて保存」のメニューが出てきます。

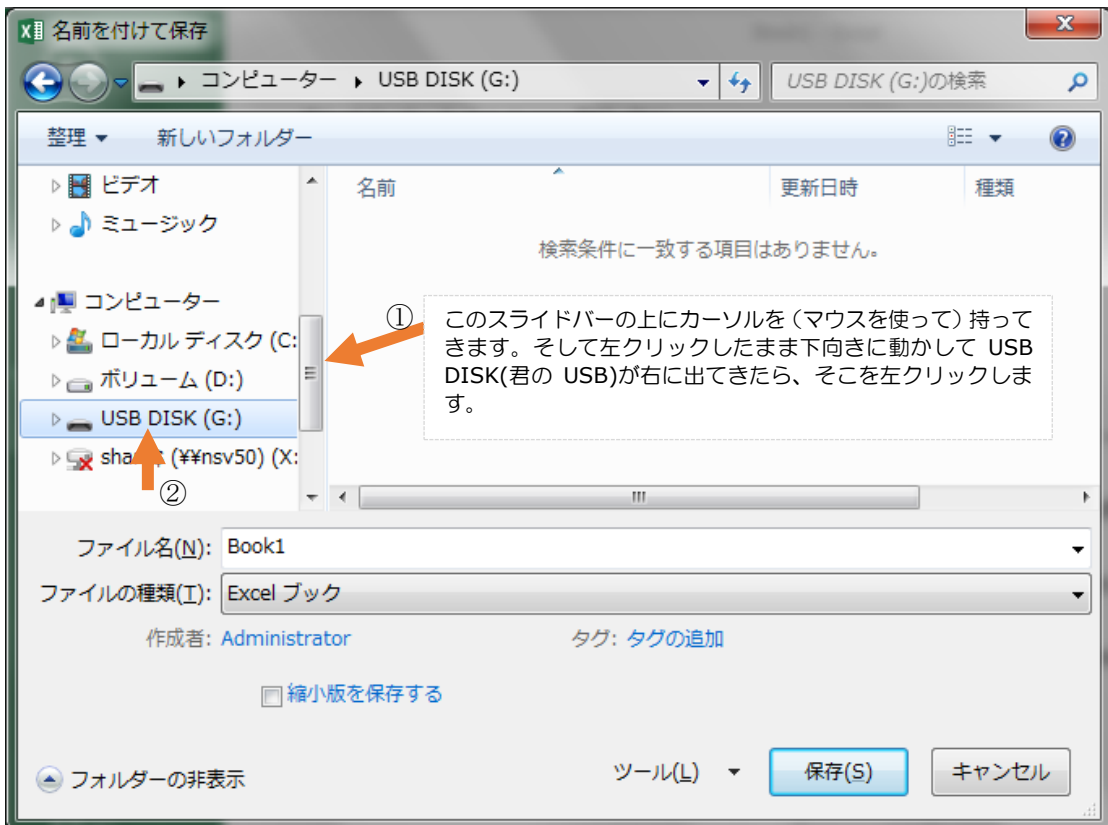
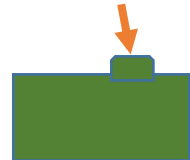


図 1-6

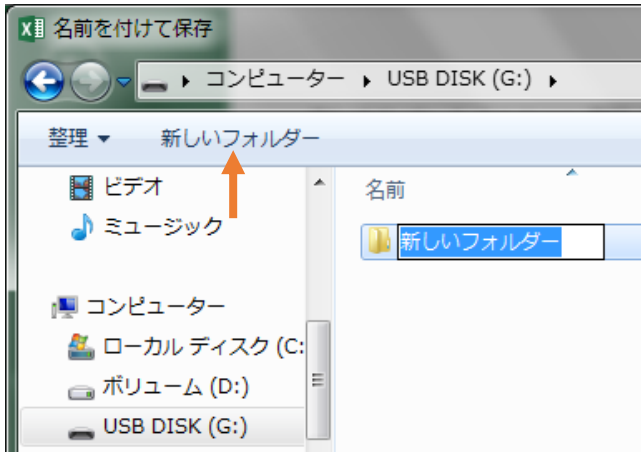


図 1-7

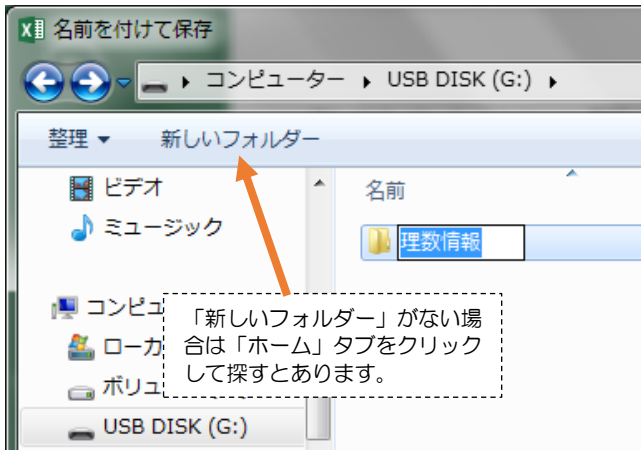


図 1-8

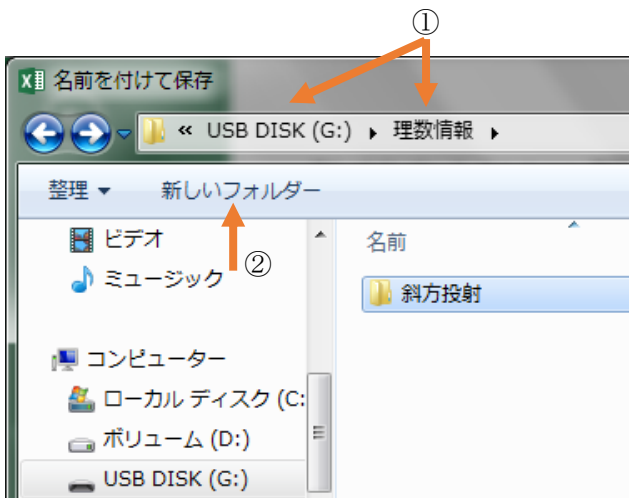


図 1-9

手順 2

図 1-5 の矢印②の「コンピュータ」を左ダブルクリックして図 1-6 のようなダイアログを出します。そして、図 1-6 の矢印①のようにスライダバーを下に下げながら「USB DISK」という保存場所を探します。「コンピュータ」の中のいくつかの記憶装置の中に「USB DISK」を見つけたら左クリックします。これで「USB DISK」の中を覗くことができました。でも、ほとんどの人は空っぽでしょう。ここに



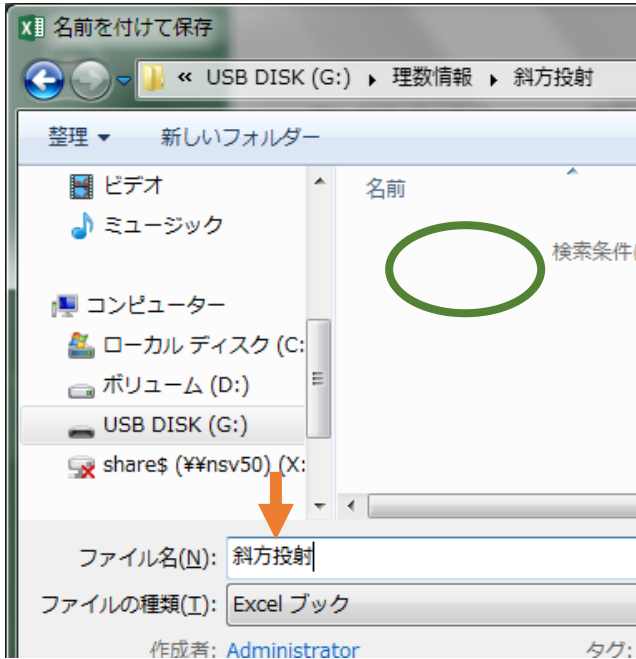
理数情報フォルダという書類入れ（フォルダ）をつくりましょう。図 1-7 の「新しいフォルダ」をクリックすると、図 1-7 のような新しいフォルダが現れるので、名前の蒼いところに「理数情報」と書いて ENTER キーを押します（図 1-8）。

手順 3

これで理数情報フォルダができました。今度はこのフォルダをダブル左クリックするとまた空っぽの中身が出てきます。そこに「斜方投射」という名前のフォルダを作りましょう。つまり、理数情報フォルダの中に斜方投射というフォルダがあることとなります。



図 1-9 の矢印①は「USB DISK」の中の「理数情報」というフォルダの中を今見ていることを意味しています。次に矢印②「新しいフォルダ」をクリックして、出てきたフォルダの名前を「斜方投射」とします。



## 保存は階層構造

最後にフォルダ「斜方投射」を開いて、そこに君の「斜方投射」ファイルを保存します。ファイル名を「斜方投射」として右下の「保存」ボタンを押します。図 1-10 を良く見て操作してください。

つまり「USB DISK」の中の「理数情報」のフォルダの中にある「斜方投射」というフォルダの中に「斜方投射」という名前のエクセルファイルが保存されます。

少し面倒ですが、図 1-11 のように階層構造になるようにフォルダをつくり、ファイルを収納していくようにしましょう。このように整理整頓を常にしていると、すぐに必要な情報が引き出せるようになります。

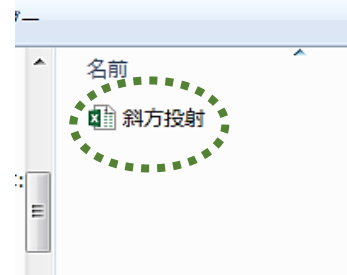
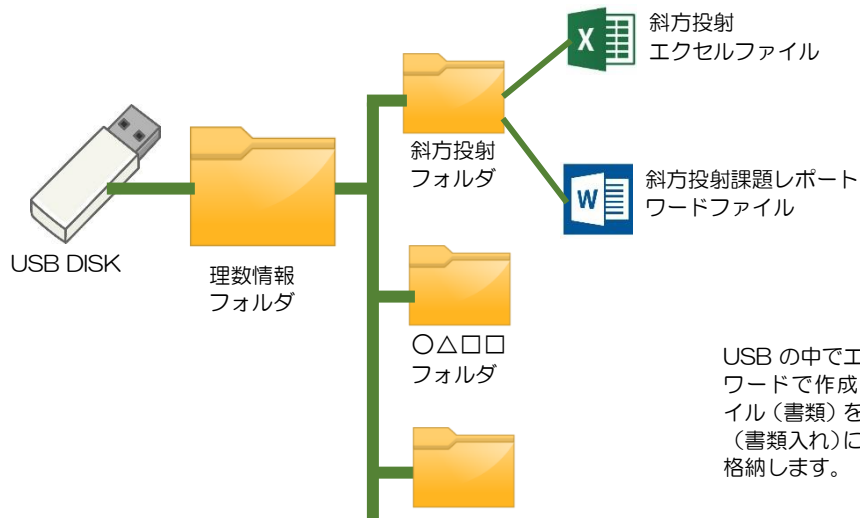


図 1-10



USB の中でエクセルやワードで作成したファイル（書類）をフォルダ（書類入れ）に分類して格納します。

図 1-11



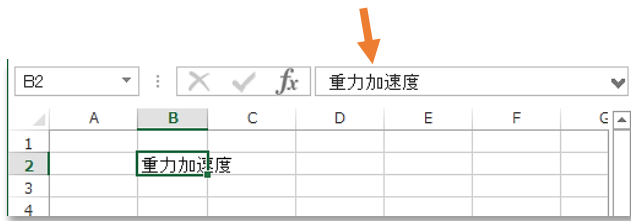


図 1-12

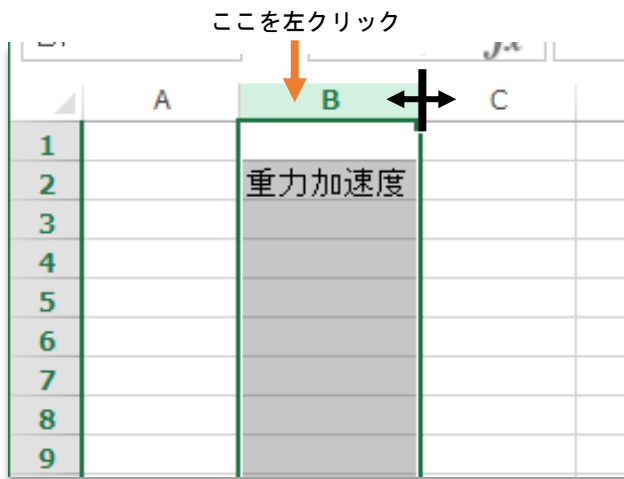
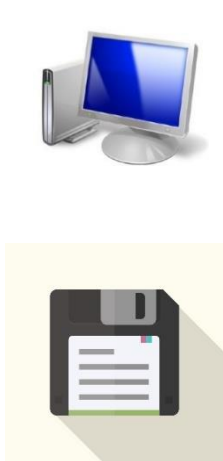


図 1-13



【コンピュータ】図はウインドウズのコンピュータのアイコン。アイコンというのは、その概念を示す象徴。このアイコンをクリックすると、コンピュータの記憶装置を見ることができる。意外に良く使う。

【フロッピーディスク】1980年代に開発された一辺が10cm程度、厚さ3~4mmの記憶装置。マックに搭載され一気に普及が進んだ。2 HD1.44MB(メガバイト  $1.44 \times 10^6$  バイト)ちなみに現在の君たちの USB は8GB(ギガバイト  $8 \times 10^9$  バイト)。今使う人は、よほど昔のマシンの必要があって使っている人だけだろう。ただパーソナルコンピュータ(パソコン)を牽引したこの記憶装置は、ウインドウズというOSの中で「上書き保存」のアイコンとして生き続けている。

## 列や行の広げ方

それではセルB2を左クリックし太線枠にして「重力加速度」と書いてみましょう。



もし半角のアルファベットになってしまったら、一回それを消去して「半角/全角」ボタンを押し再度入力します。消去するにはキーボードの右上辺りにある「BACK SPACE キー」でカーソルの左側の文字を一文ずつ消すのが普通です。入力はローマ字入力です。漢字への変換はスペースキー(キーボードの一番手前中央の一番長いキー)で行います。

すると図1-12のように、セルB2以外にも、方眼の表の上のところに同じ「重力加速度」という言葉が出てきていますね。セルの中には言葉を入れたり、計算用の数式を入れたりすることができます。それが長すぎではみ出す場合でも、この部分を見れば何が書いてあるか読み取ることができます。

でも「重力加速度」という言葉が右にはみ出してかっこ悪いですね。こんなときは、図1-13のようにB列の一番上の「B」を左クリックして列B全体の色を変えた後、「B」の右側にカーソルを持ってきて図1-13のような形にカーソルを変えます。そして左クリックしたまま右に引っ張ると、列Bを広げることができます。これは横の行を広げる時にも使えます。例えば5行目を広げたい、といったときも「5」のところの下にカーソルを持ってきてカーソルの形を変え、下向きに引っ張ると「行」を広げられます。

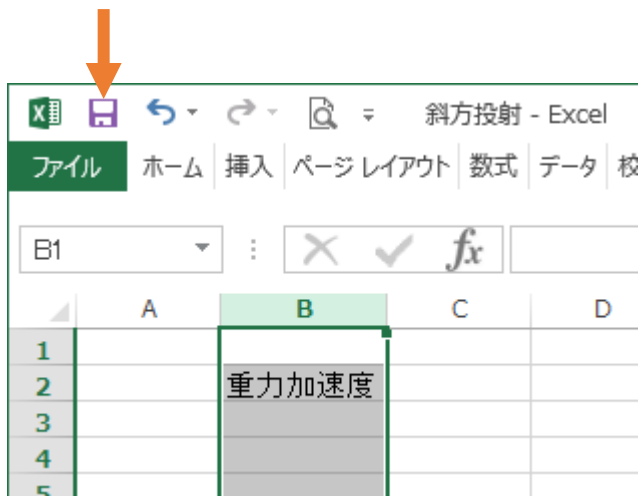


図 1-14



図 1-15

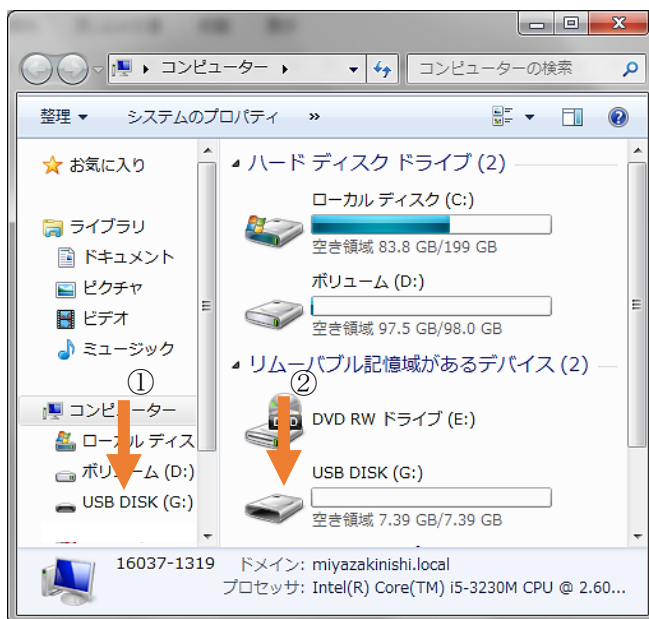


図 1-16

## 保存と終了

まだスタートしたばかりですが、ここでファイルの「保存」と「終了」の仕方を覚えておきます。

「保存」はすでにファイル名を付け、どのフォルダに収納するか作業を終えていますので簡単です。

「保存」は図 1-14 の矢印の示すアイコンをクリックします。これで現在のファイルの状態が上書き保存されます。このアイコンは「フロッピーディスク」をデザインしています。パソコンが発明され数年ほど経って出てきた現在の USB みたいな記憶装置です。「記憶装置の原点」みたいなものと思ってください。

「保存」にはもう一つ方法があって図 1-5 の矢印の上の「上書き保存」というところを左クリックしても OK です。

このままファイルを閉じて「重力加速度」と書いたエクセルシート「斜方投射」は保存されています。それを確かめましょう。

保存したあと図 1-15 のようにファイルの右上にある X 印を左クリックします。するとエクセルブック（計算シートの冊子）が消えます。

## 再立ち上げ

あわてずにコンピュータの初期画面の左上（大抵ココにあります）のコンピュータのアイコンを左でダブルクリックします。

図 1-16 のようにコンピュータが持っている記憶装置ができますので、この中から「USB DISK」を探し出し、左クリックしましょう。（矢印①でも②でもどちらでも OK）

「理数情報」のフォルダが出てきましたか。そこをダブルクリックして「斜方投射」のフォルダを開けて、「斜方投射」のファイルを開いてください。最初の状態に戻りましたね。

	B	C	D	E
重力加速度	g =	9.8	[m/s <sup>2</sup> ]	
仰角	θ =	45	[°]	
初速度	v0 =	10	[m/s]	
時間間隔	Δt =	0.01	[s]	

図 1-17

	B	C	D	E
1				
2	重力加速度	g =	9.8	[m/s <sup>2</sup> ]
3	仰角	θ =	45	[°]
4	初速度	v0 =	10	[m/s]
5	時間間隔	Δt =	0.01	[s]
6				
7				
8				

図 1-18

	B	C	D	E
1				
2	重力加速度	g =	9.8	[m/s <sup>2</sup> ]
3	仰角	θ =	45	[°]
4	初速度	v0 =	10	[m/s]
5	時間間隔	Δt =	0.01	[s]
6				
7				
8				

図 1-19

## 基本データの入力

それではよいよ図 1-17 のような斜方投射における基本データとなる量を入力していきましょう。

「半角/全角」切り替えキーを使って、図 1-17 の各セルに入力していきます。全角と半角の違いは次のようになっています。

### 全角

重力加速度 仰角 初速度  
 時間間隔 亀甲かっこ [ ]  
 「デルタ」と書いて  
 →スペースキーを何回か押して  
 → Δ  
 以下「シータ」「度」も同じ  
 シータ → θ 度 → °

### 半角

g v0 (0は数字の0)  
 t m/s<sup>2</sup> m/s s =  
 9.8 45 10 0.01

ところが、きちんと入力しても図 1-18 のようにどこか間抜けな並びになってしまいます。このとき、次のようにしていきます。まずセル C 2 にカーソルを持ってきて左クリックし、クリックしたまま（押さえたまま）セル C 5 まで持ってきます。これをドラッグと呼んでいます。すると図 1-19 のようになります。

次に図 1-20 のようにホームのタブを左クリックして、そこに書かれてあるメニューを出して、そこから「配置」の「右揃え」を選ぶと、すべてきれいに右に寄ってくれます。

同様にして、セル D 2 ~ D 5 の数値は、「左揃え」にして、列 C、D の幅を調整すると、図 1-17 のような見やすい形になります。

こういったことは、これから斜方投射のシミュレーションを行うときに、ミスをなくし操作を分かりやすくするための大事なステップです。

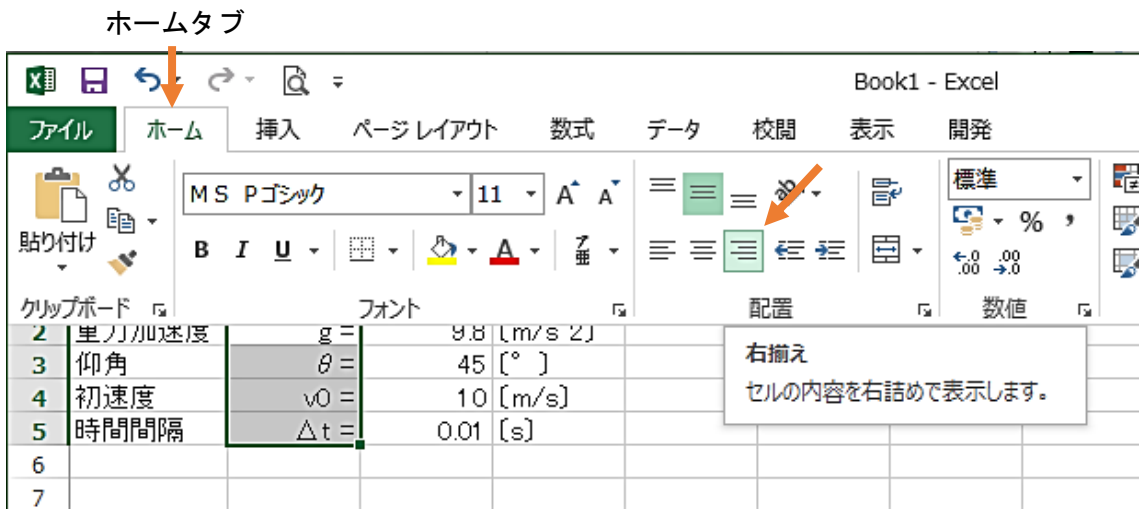


図 1-20

半径1の円の円周の長さで角度を表す。  
 $360^\circ = 2\pi$  [rad]

$90^\circ = \frac{\pi}{2}$  [rad]

角度  $\theta$  [度][degree] と  $\varphi$  [rad] の関係

$$\varphi[\text{rad}] = 2\pi \cdot \frac{\theta}{360}$$

## 度をラジアンに変換

さてここで、皆さんの書いてくれた角度の「45°」は実はエクセルの実際の計算には使えません。エクセルでは「ラジアン単位 rad」の角度を使って計算します。したがって角度を rad 単位に変換する必要があります。

ラジアン [rad] とは

半径1の円（単位円）の円周の長さで角度を表す方法です。例えば360° はちょうど半径1の円の1周分になりますから

$$360^\circ = 2\pi r = 2\pi$$
 [rad]

となります。90° は  $2\pi$  [rad] (360°) の  $\frac{90}{360}$  倍 (4分の1) ですから

$$90^\circ = \frac{2\pi}{4} \text{ つまり } 90^\circ = \frac{\pi}{2}$$
 [rad]

となります。角度  $\theta$  の場合は  $2\pi$  の  $\frac{\theta}{360}$  倍を取ればいいので

$$2\pi \times \frac{\theta}{360}$$

を計算すると [rad] 単位に直すことができます。

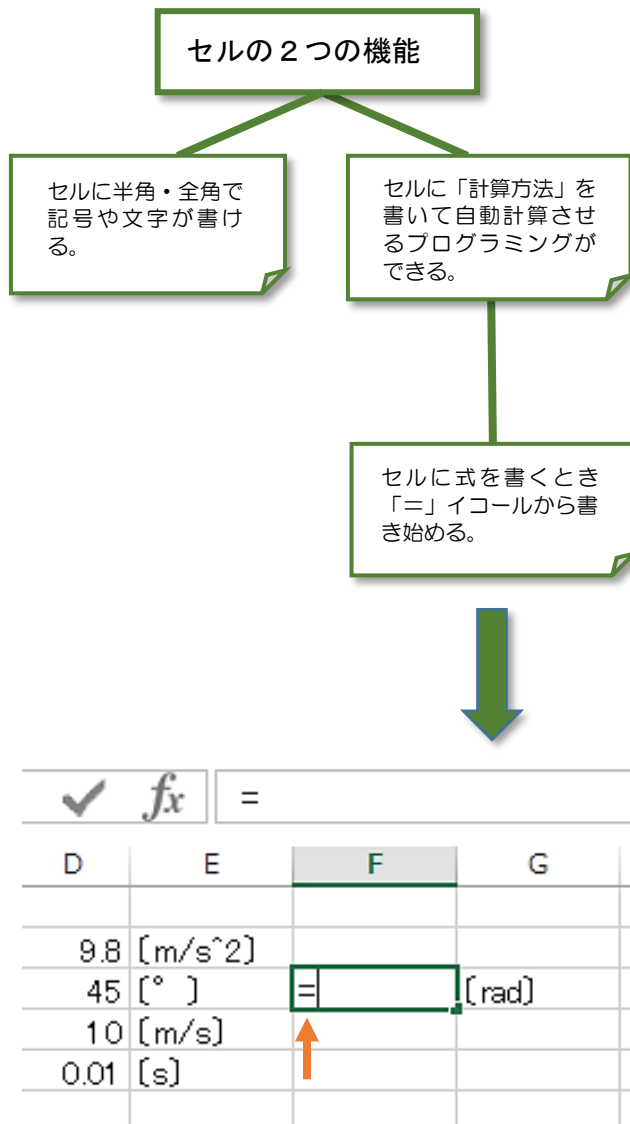


図 1-21

## セルの2つの機能

それでは、セルD3の角度が自動的にラジアン単位になってセルF3に出てくるようにしましょう。このときセルF3に計算式を書く必要があります。

セルF3に計算式を書くと、パソコンの中にある小人が計算してくれます。その結果はセルF3に出てくるのです。

$$=2*3.141592*\$D\$3/360$$

これがセルF3に書く計算式です。ちょっと変な式ですね。

「文字列」と「計算式」との決定的な違いは、はじめに書かれる「=」です。この「=」があると「計算式」になり、その結果が自動的に計算されそのセルに出てくるのです。

ここでは、次のことをしっかり理解しておきましょう。

図 1-21 としてもまとめましたのでそちらも見て下さい。

セルには二通りの使い方があって、その一つは文字や記号を書いてそのシート（計算表）自体をワープロのように使えるということです。そしてもう一つが、セルに「=」（半角）で始める式を書くと、計算をしてきて、そのセルに答が出てくるということなのです。

それではあわてず順番に式を書いていきましょう。セルF3を左クリックして太線にします。そして、半角で

$$=2*3.141592*$$

と書いてください。「=」は半角で「ほ」と書かれたキーをシフトキーを押しながら押すと出てきます。

「\*」は×の意味です。ひらがなの「け」と書かれたキーをシフトキーを押しながら押すと出てきます。

		✕ ✓ fx		=2*3.141592*D3	
	C	D	E	F	G
		g = 9.8 [m/s <sup>2</sup> ]			
		θ = 45 [°]		=2*3.141592*D3	
		v0 = 10 [m/s]			
		Δt = 0.01 [s]			

図 1-22

		✕ ✓ fx		=2*3.141592*\$D\$3	
	C	D	E	F	G
		g = 9.8 [m/s <sup>2</sup> ]			
		θ = 45 [°]		=2*3.141592*\$D\$3	
		v0 = 10 [m/s]			
		Δt = 0.01 [s]			

図 1-23

		✕ ✓ fx		=2*3.141592*\$D\$3/360	
	C	D	E	F	G
		g = 9.8 [m/s <sup>2</sup> ]			
		θ = 45 [°]		=2*3.141592*\$D\$3/360	
		v0 = 10 [m/s]			
		Δt = 0.01 [s]			

図 1-24

「\*」は「毛」が生えてるみたいですね。これには「アスタリスク」という立派な名前があります。

今、カーソルが

=2\*3.141592\*

の最後で点滅していますか？

次ですが、図 1-22 のようにセル D3 を左クリックしてください。すると

=2\*3.141592\*D3

となります。

ここまでの意味は「2πにセル D3 の値をかける」という意味です。ここで、このセル D3 は絶対的にこの場所の値を計算に使いますので、指定場所が変わらないよう「鍵」をかけておきましょう。

## セルに鍵をかける

=2\*3.141592\*D3

まで書き終わりカーソルが D3 の右側に来ていますか。ここで、キーボードの一番上に F1 から F12 までのキーが並んでいますね。このキーを「ファンクションキー」と呼んでいます。この中の「F4」を 1 回押してください。図 1-23 のように D3 が \$D\$3 になりましたか。ならなかったら「F4」を何回か押してください。これで固定できました。これを「セル D3 を絶対参照にした」といいます。

あとは割り算ですがこれは÷ではなく分数の「/」（スラッシュ）を使います。半角にしてひらがなの「め」のキーを押します。360 はそのまま入れればいいですね。

図 1-24 のようになったら、リターンキーを押してください。ラジアン単位になった 45 度が現れるはずですよ。

	C	D	E	F	G
$g =$	9.8	[m/s <sup>2</sup> ]			
$\theta =$	45	[°]		0.785398 [rad]	
$v_0 =$	10	[m/s]			
$\Delta t =$	0.01	[s]			

図 1-25

	C	D	E	F	G
$g =$	9.8	[m/s <sup>2</sup> ]			
$\theta =$	180	[°]		3.141592 [rad]	
$v_0 =$	0	[m/s]			
$\Delta t =$	0.01	[s]			

図 1-26

図 1-25 のようになりましたか。これでセル D 3 の値を変えると、それに応じてセル F 3 に、ラジアン単位に変換されたものが出てくることになります。

ために 180 度をセル D 3 に入れてみてください。セル F 3 が  $\pi$ 、つまり 3.141592 になればうまく行ったということになります。(図 1-26 参照)

確認が終わったら、また 45° に戻しておいてください。

## ボールの位置

次に図 1-27 をみてください。

ちょっと離れた K 列、L 列、M 列に今から時間  $t$  毎のボールの位置を計算する表を作ることしましょう。ちょっと離れすぎのようですが、後からその意味が分かりますので、とりあえずこの通りに作っていきましょう。

K 列、L 列、M 列に書いてあるのは、= で始まる計算式ではありませんので注意してください。このように書いておくと、計算式を入れるときに参考になって便利なのです。

この式自体は、皆さんが物理で学習する斜方投射の  $t$  秒後の位置  $(x, y)$  です。

図 1-28 で拡大してありますので参考にしてください。0 や 0.00 は半角の数字です。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		重力加速度	$g =$	9.8	[m/s <sup>2</sup> ]								
3		仰角	$\theta =$	45	[°]	0.785398 [rad]						x	y
4		初速度	$v_0 =$	10	[m/s]						t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
5		時間間隔	$\Delta t =$	0.01	[s]						0.00	0	0
6													
7													

図 1-27

	K	L	M
		x	y
t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$	
0.00	0	0	

図 1-28

	J	K	L
1			
2			
3			x
4		t	$v_0 \cos \theta t$
5		0.00	0
6		=K5	
7			

図 1-29

次にセル K6 のところに計算式

$$=K5+\$D\$5$$

と書きましょう。もう 1 人で大丈夫だという人はアドバイスなしで書いてみてください。でも次に書かれていることと同じ手順だったかは、しっかり確認してください。

「=」を書いた後、一つ上のセル K5 をクリックします。図 1-29 のようになりましたか。

次に「+」を書いてセル D5 をクリックした後 F4 を押し「絶対参照」にして鍵をかけておきます。これで終わりです。これはそのままキーボードの文字をタイプするだけでも書けますが、そんな人はかなりダサい人です。エクセルの設計スタイルをまず身に付けましょう。後々、このスタイルが意味を持ってきます。

それにしても

$$=K5+\$D\$5$$

これは何を意味しているのでしょうか。リターンすると 0.01 となるのは  $0.00+0.01=0.01$  だから当然ですね。なら最初から 0.01 とすればよいと思うでしょう。実は次のフィルハンドルという操作でその意味が分かります。

C	D	E	F	G	H	I	J	K
g =	9.8 [m/s <sup>2</sup> ]							
θ =	45 [°]		0.785398 [rad]					
v0 =	10 [m/s]							
Δt =	0.01 [s]						t	
							0.00	
							=K5+\$D\$5	

図 1-30



J	K	L	M
		x	y
	t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
	0.00	0	0
	0.01		

図 1-31

J	K	L	M
	t	x	y
	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$	
	0.00	0	0
	0.01		
	0.02		
	0.03		
	0.04		
	0.05		
	0.06		
	0.07		
	0.08		
	0.09		
	0.10		
	0.11		
	0.12		
	0.13		

図 1-32

J	K	L	M
1			
2			
3		x	y
4	t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
5	0.00	0	0
6	0.01		
7	0.02		
8	0.03		
9	0.04		
10	0.05		
11	0.06		
12	0.07		
13	0.08		
14	0.09		
15	0.10		
16	0.11		
17	0.12		
18	0.13		
19	0.14		
20	0.15		
21	0.16		

図 1-33

## フィルハンドル

ここで図 1-31 のようにセル K6 の右下の角にカーソルを持ってくると **+** の形にカーソルが変身します。そのまま左クリックしてクリックしたまま下向きに引っ張ってみてください。図 1-32 のようになるはず。なんと、数字を打ち込んでいないのに  $\Delta t = 0.01$  [s] 毎に時間  $t$  が増加していくようになっています。

なぜこんなことができるのでしょうか。どれでも時間の書かれた一つのセルをクリックしてみましょう。秘密が解き明かされます。分かりますか。分からなかったら、違う時間のセルをクリックし、ディスプレイ画面をじっくり観察しましょう。周りと話して見るのも効果的です。

(Thinking Time)

図 1-33 を見て下さい。矢印①を見るとセル K11 がクリックされています。ところがそこに計算式を書いた覚えがないのに、矢印②でセルの中身を見ると

$$=K10+\$D\$5$$

という計算式が書かれていることになっています。

意味を読み取ってみましょう。

セル K10 は K11 の一つ上のセルになります。つまり

「一つ上のセルにセル D5 の値 0.01 を加えたものをこのセル K11 の値にせよ」

という意味になります。

つまりどの時間セルをクリックしても「一つ上のセルに 0.01 を加えたものがこのセルの値になる」ように計算式が出てきます。これはエクセルの特徴的な技術で **+** カーソルを使って同様の計算式に自動でしてしまうことを **フィルハンドル** といっ

	K	L	M
		x	y
t		$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
0.00		0	0
0.01		$=\$D\$4*\text{COS}(\$F\$3)*$	
0.02			
0.03			
0.04			
0.05			
0.06			
0.07			
0.08			
0.09			
0.10			
0.11			
0.12			
0.13			
0.14			

図 1-34

	K	L	M
		x	y
t		$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
0.00		0	0
0.01		$3(\$F\$3)*K6$	
0.02			
0.03			
0.04			
0.05			
0.06			
0.07			
0.08			
0.09			
0.10			
0.11			
0.12			
0.13			
0.14			

図 1-35

よく使われます。

つまりはじめセル K6 に書いた

$$=K5+\$D\$5$$

をフィルハンドルすると「一つ上にあるセルの値に  $\Delta t$  を加える」という計算式が次々と下のセルに作られていくということになります。

$\$D\$5$  は絶対無敵で変わりません。

K5 を相対参照セル、 $\$D\$5$  を絶対参照セルと呼んでいます。もしセル D5 に \$ をつけずにフィルハンドルしたら D5 D6 D7・・・と変化してしまうわけです。ワーオ。

無茶苦茶になっちゃうぜ！

それでは続けて、図 1-34 のように 0.01s 後の x 座標を計算する式を、絶対参照と相対参照を意識しながら書いてみましょう。SIN や COS 関数は角度のところに括弧 ( ) が必要です。

図 1-35 のように

$$=\$D\$4*\text{COS}(\$F\$3)*K6$$

と K6 には \$ を付けてはフィルハンドルできないことに気がつきませんか？

fx  $=D\$4 * \text{COS}(\$F\$3) * K6$

K	L	M
	x	y
t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
0.00	0	0
0.01	0.07071069	
0.02		
0.03		
0.04		
0.05		
0.06		
0.07		
0.08		
0.09		
0.10		
0.11		
0.12		
0.13		
0.14		
0.15		
0.16		

図 1-36

図 1-36 のような結果になったらフィルハンドルして見ましょう。

続けてセル M6にも図 1-37 のように計算式を書いてフィルハンドルしましょう。できるだけテキストを見ずに、自分の力でフィルハンドルまでもって行きましょう。

M6 fx  $=D\$4 * \text{SIN}(\$F\$3) * K6 - (1/2) * D\$2 * K6^2$

	K	L	M	N	O	P
1						
2						
3		x	y			
4	t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$			
5	0.00	0	0			
6	0.01	0.07071069	$=D\$4 * \text{SIN}(\$F\$3) * K6 - (1/2) * D\$2 * K6^2$			
7	0.02	0.141421379				
8	0.03	0.212132069				
9	0.04	0.282842759				
10	0.05	0.353553448				
11	0.06	0.424264138				

図 1-37

	K	L	M
2			
3		x	y
4	t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
5	0.00	0	0
6	0.01	0.07071069	0.070220667
7	0.02		
8	0.03		
9	0.04		
10	0.05		
11	0.06		
12	0.07		
13	0.08		
14	0.09		
15	0.10		

図 1-38

	K	L	M
		x	y
	t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
	0.00	0	0
	0.01	0.07071069	0.070220667
	0.02	0.141421379	0.139461333
	0.03	0.212132069	0.207722
	0.04	0.282842759	0.275002666
	0.05	0.353553448	0.341303333
	0.06	0.424264138	0.406623999
	0.07	0.494974828	0.470964666
	0.08	0.565685517	0.534325333

図 1-39

	M	N	O
206	2.01	14.21284862	-5.58364602
207	2.02	14.28355931	-5.710405354
208	2.03	14.35427	-5.838144687
209	2.04	14.42498069	-5.966864021
210	2.05	14.49569138	-6.096563354
211	2.06	14.56640207	-6.227242688
212	2.07	14.63711276	-6.358902021
213	2.08	14.70782345	-6.491541355
214	2.09	14.77853414	-6.625160688
215	2.10	14.84924483	-6.759760021
216			
217			

図 1-40

フィルハンドルのやり方としては図 1-38 のようにセル L6 と M6 を同時に作って、セル L6 から右にドラッグして(左クリックして抑えたまま右のセルまで引っ張ること)右下隅をカーソルを **+** にして下に引っ張ってもかまいません。

図 1-39 のようになります。どこまで引っ張るかですが、215 行の 2.1 s まで持っていくことにしましょう。

エクセルの行数と列数の限界は

**1,048,576 行、16,384 列**

となっているそうです。そこまで行ったことはありませんが、帰ってこないかもしれません。

図 1-40 で止めておきましょう。

K	L	M
	x	y
t	$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$
0.00	0	0
0.01	0.07071069	0.070220667
0.02	0.141421379	0.139461333
0.03	0.212132069	0.207722
0.04	0.282842759	0.275002666
0.05	0.353553448	0.341303333
0.06	0.424264138	0.406623999
0.07	0.494974828	0.470964666
0.08	0.565685517	0.534325333
0.09	0.636396207	0.596705999
0.10	0.707106897	0.658106666
0.11	0.777817586	0.718527332
0.12	0.848528276	0.777967999
0.13	0.919238966	0.836428665

図 1-41

## 軌道のグラフ

それでは、いよいよ斜方投射の軌道のグラフを描いてみることにします。平面のグラフの場合、x軸とy軸のデータの組が必要です。図 1-41のように、まずこのx、yの組をドラッグして色を変えてください。このx yの組でグラフを描くんだという意図を持って実行します。

次に図 1-42 にしめた「挿入」タブを選ぶと、図 1-43 に示したメニューが現れます。「挿入」というのは、この計算シートに入りたいものを選ぶということです。

すると図 1-43 のように「おすすめグラフ」というところがあります。その「散布図」を選んでクリックします。

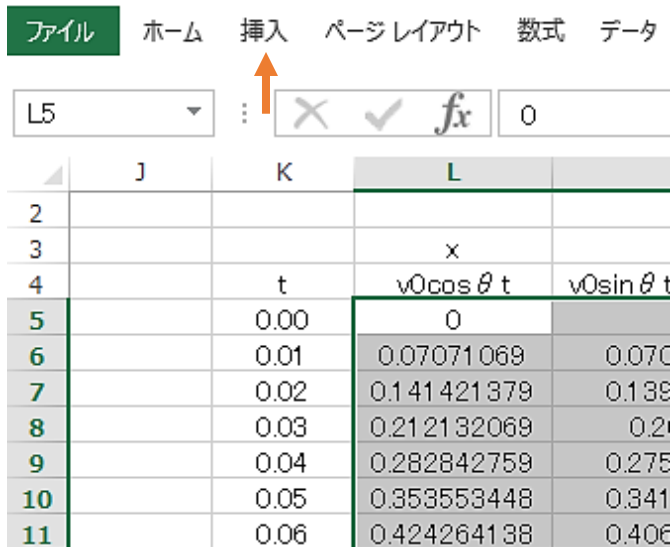


図 1-42

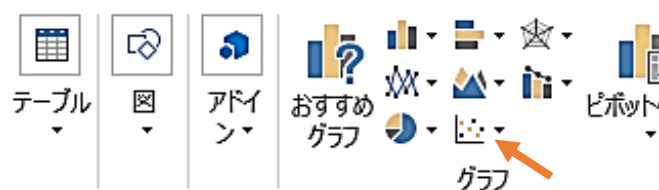


図 1-43



図 1-44

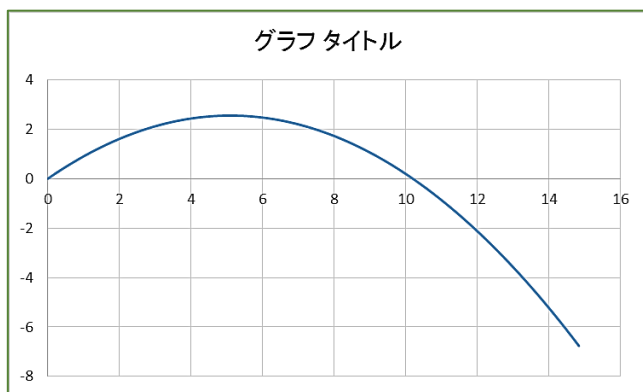


図 1-45

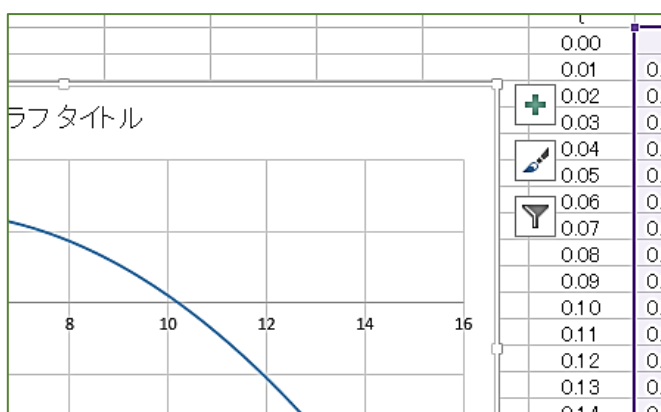


図 1-46

## 軌道のグラフ

さらに散布図の中の図 1-44 に示すようなラインを選ぶと、図 1-45 のようなグラフが現れます。

これまで数値だけだった計算シートにグラフが現れると、「やった」という感じになります。

しかしこれで安心してはいけません。このグラフはまだ不完全で、とても研究には使えません。まずグラフらしくしていく加工技術をマスターしましょう。

### 1. 縦軸・横軸に物理量の名前と単位を記入

グラフのタイトルの右側あたりを左クリックすると図 1-46 のようにグラフの右上に 3 つのアイコンが現れます。まずこれらを使って大きな部分のグラフの加工を行います。



これはグラフに足りないものがある時に付け加えるとき便利です。



これはグラフの目盛り方眼などをきめるのに便利です。



これは、グラフの中で削除したい曲線などがある場合に使います。

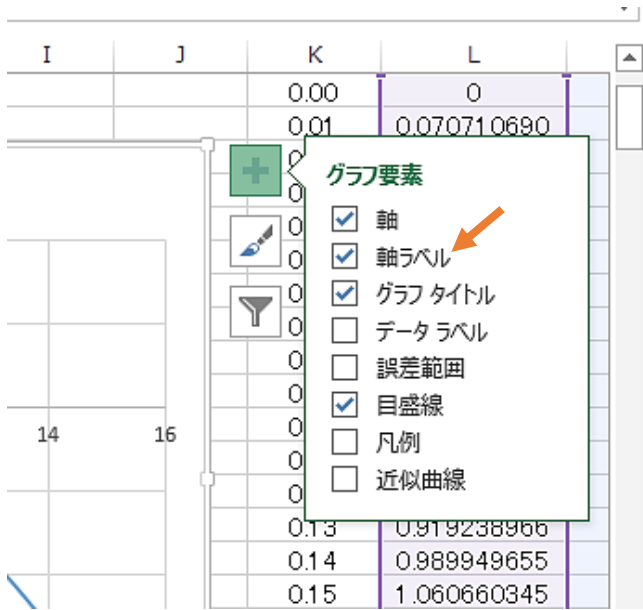


図 1-47



これを左クリックしてみま  
しょう。図 1-47 のような吹き出しが  
出ます。縦軸・横軸に名前を書きた  
いわけですから「軸ラベル」にチェ  
ックを入れます。(チェック欄を左  
クリックする)

すると図 1-48 のように縦軸・横軸に  
名前をつける場所が現れます。

図 1-48 では、ついでにグラフを左ク  
リックしたままドラッグして、グラ  
フの位置も変えています。

これで基本データと時間毎のボー  
ルの位置を計算した表、そしてその  
表から生まれるグラフが一枚のシー  
トに納まりました。

もう少しグラフに手を入れて、使  
えるグラフにした後、シミュレーシ  
ョンに入りましょう。

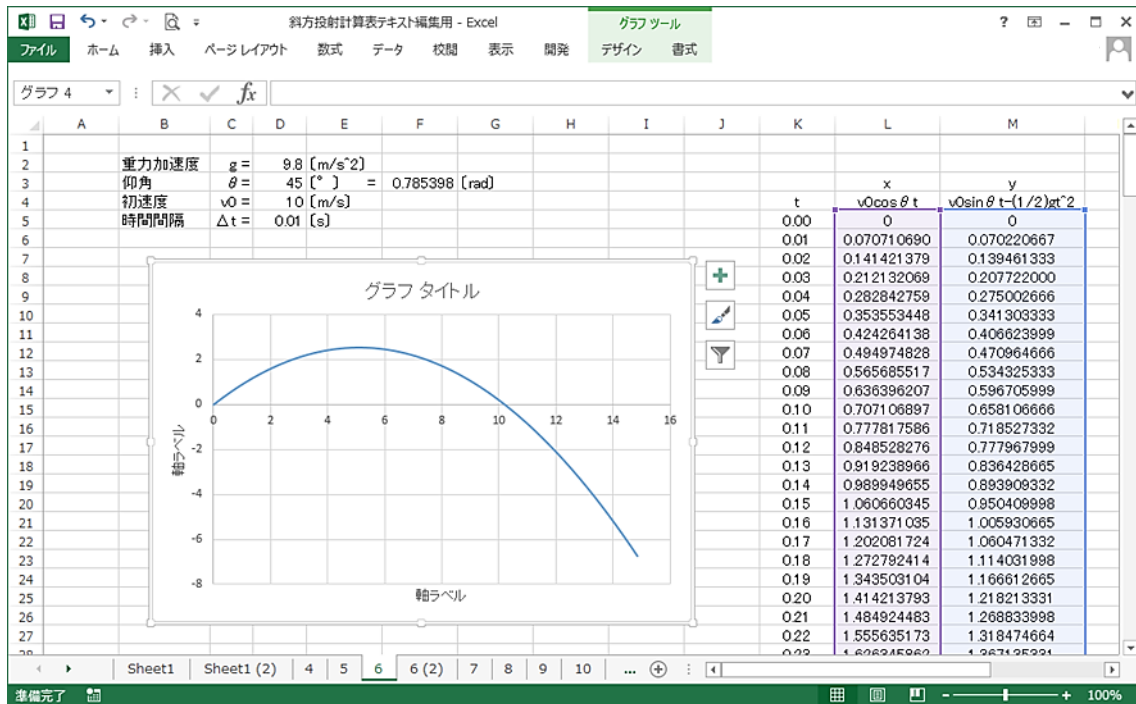


図 1-48

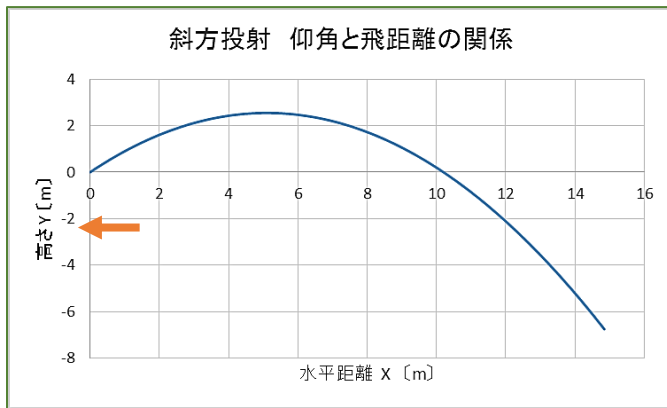


図 1-49

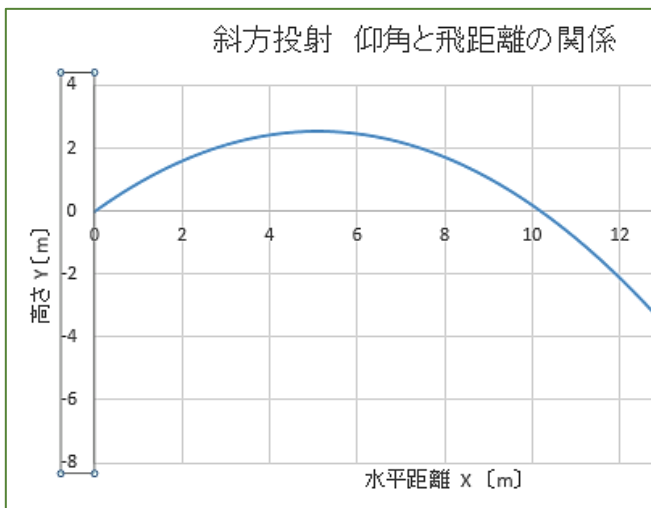


図 1-50

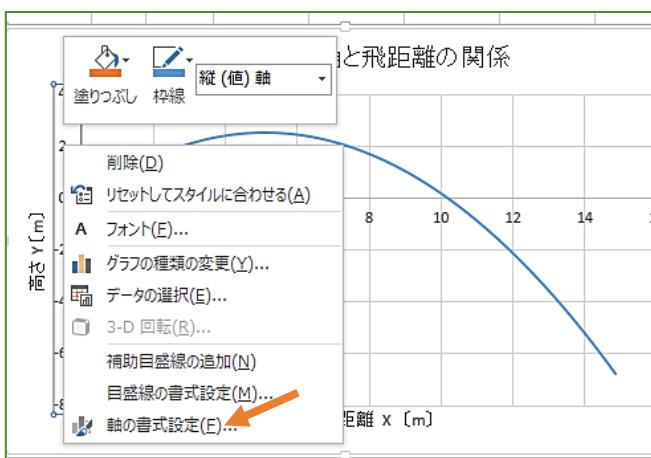


図 1-51

図 1-49 のようにタイトルと軸ラベルを書いてみました。ずいぶん分かりやすいグラフになってきています。

## 2. 水平距離や高さの最小値と最大値を変えて固定

高さの最大値と最小値を変える場合、縦軸の目盛りのところを右クリックします。(縦軸の目盛りを左クリックしてアクティブ(四角で囲まれた状態)にしたあと右クリックしても同じです)

すると、図 1-50 から図 1-51 のようになります。この出てきたメニューから一番下の「軸の書式設定」を選びます。

### ※右クリックはいつ使う？

右クリックはあまり使うことがありませんでしたね。エクセルでは、例えば「グラフのこの部分をちょっと変えたい」といったとき「ここにカーソルを持ってきて「右クリック」すると、パソコンが「ここに何がしたいんですか？」とメニューを出して聞いてくるという設定になっています。



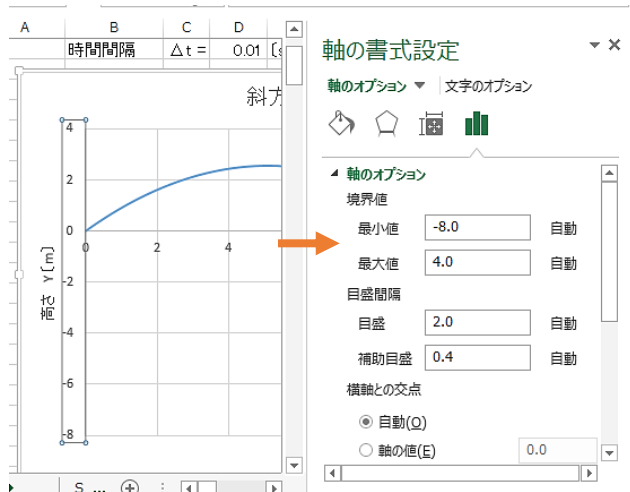


図 1-52

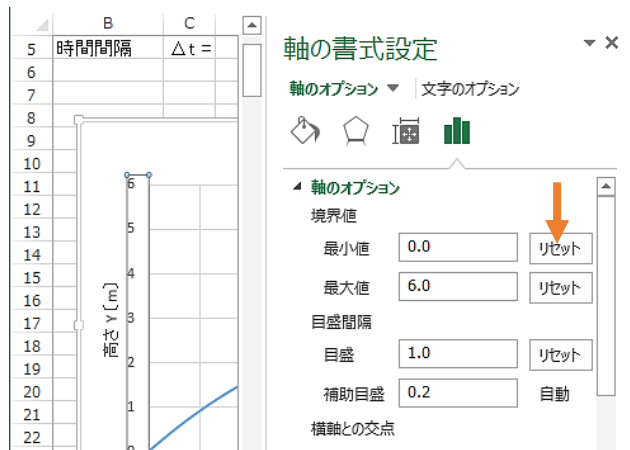


図 1-53

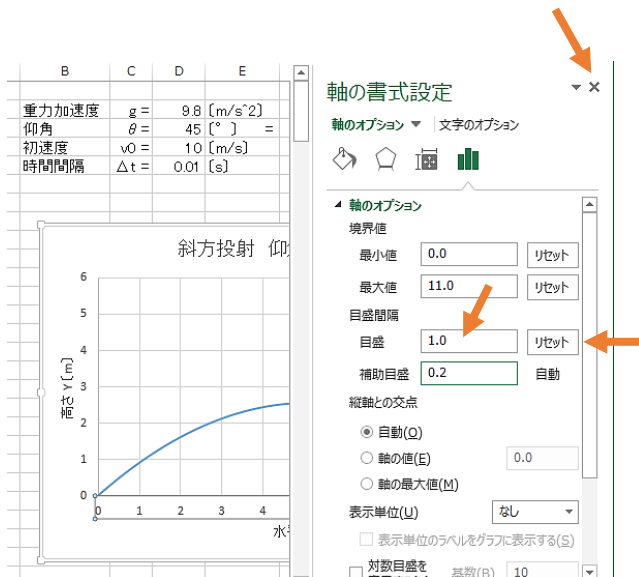


図 1-54

すると図 1-52 のように軸の書式設定が出てきます。まずグラフ縦軸の「境界値」である「最大値」と「最小値」を設定します。

以下図 1-52~54 を見ながら読んでください。

自動で最小値  $-8.0$ 、最大値  $4.0$  になっていますね。これを、最小値  $0.0$  [m] 最大値  $6.0$  [m] に設定しなおします。このとき右のボタンが「リセット」になっていればこの値で固定されたことになります。

この「リセット」ボタンを押すとまた自動になってしまいますので注意してください。

エクセルのグラフは、縦軸横軸の値を自動で設定してくれるのは助かることも多いのですが、何かを研究しているときは困ってしまうことも多いのです。初期の値が変わるたびに、座標の目盛りまで変わってしまうとグラフの相互の比較ができないからです。

したがってこのグラフの目盛りを固定する方法は、大事な基礎技術です。

それでは、下の方の「目盛間隔」を見てください。最大最小を固定する前は、目盛間隔は  $2\text{m}$  だったのに  $1.0\text{m}$  に変わっていますね。

これも  $1.0$  [m] で固定しておきます。

いま「自動」になっていますね。このまま  $1.0$  と打っても変わりません。「自動」が「リセット」になることはありません。困りましたね。

こんなときは、 $0.5$  といったダメー(ニセモノ)の値を打ってから「リセット」にして再び  $1.0$  にすると「リセット」のままです。やってみてください。

設定が終わって右上の×印を左クリックすると、「軸の書式設定」のダイアログが消えてくれます。

これはもうできますね。やってみましょう。

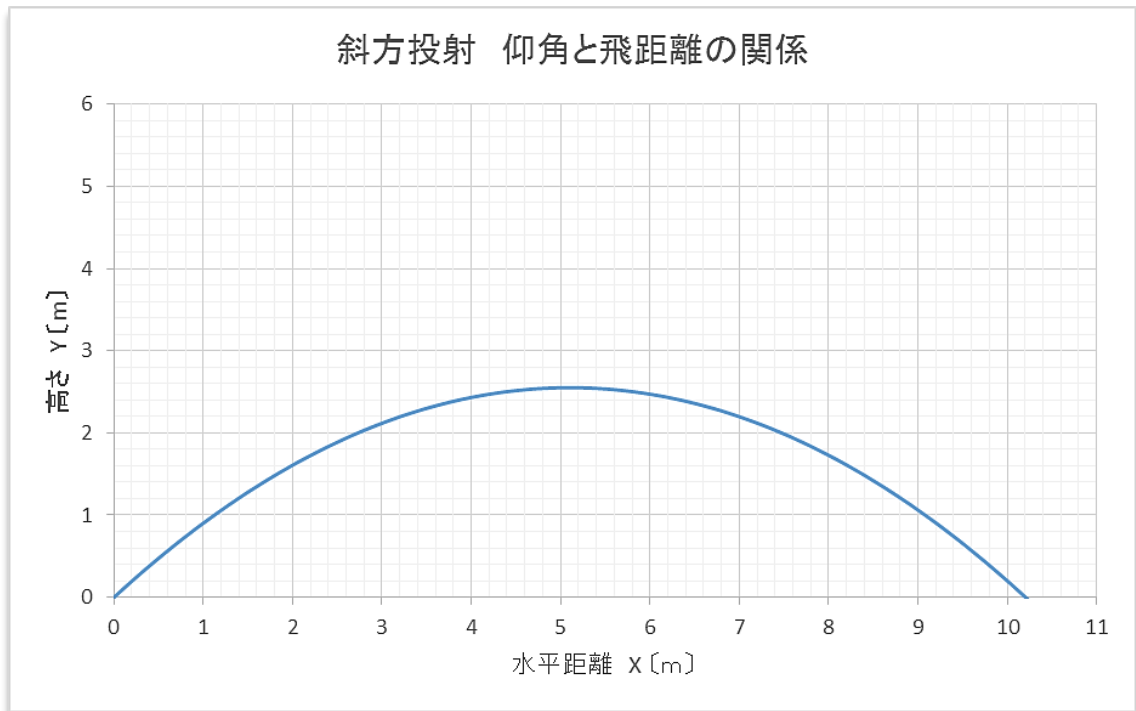


図 1-55

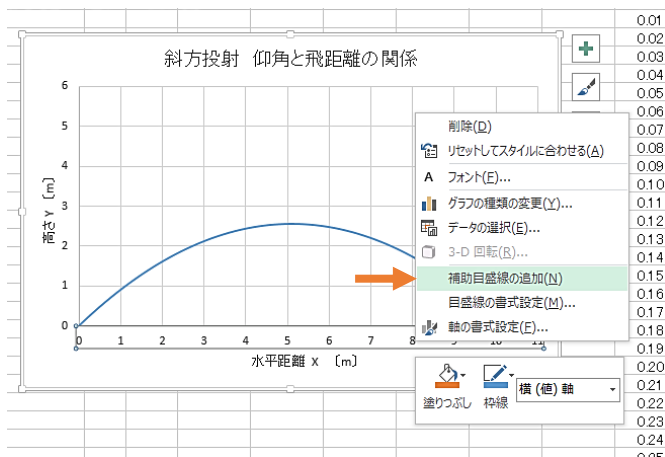


図 1-56

## 基本グラフの完成

図 1-55 のようなグラフができましたか。え？ちょっと違うところがある？よく気がつきましたね。グラフを見る目がついてきたってことです。実は **0.2m** ごとに補助線が引いてあって、グラフ用紙のようになっていますね。こうするには 2 つの方法があります。

### 方法 1

x 軸の目盛りの数値を左クリックすると、メニューが出てきますがその中の「補助目盛線の追加」を選ぶと縦の線が出てきます。同様に y 軸の目盛りの数値をクリックして同じ操作をすると、補助線の横線が出てきます。これが正攻法ですな。

### 方法 2



を押して上から 3 番目を選ぶと補助線付になります。ズルイ！

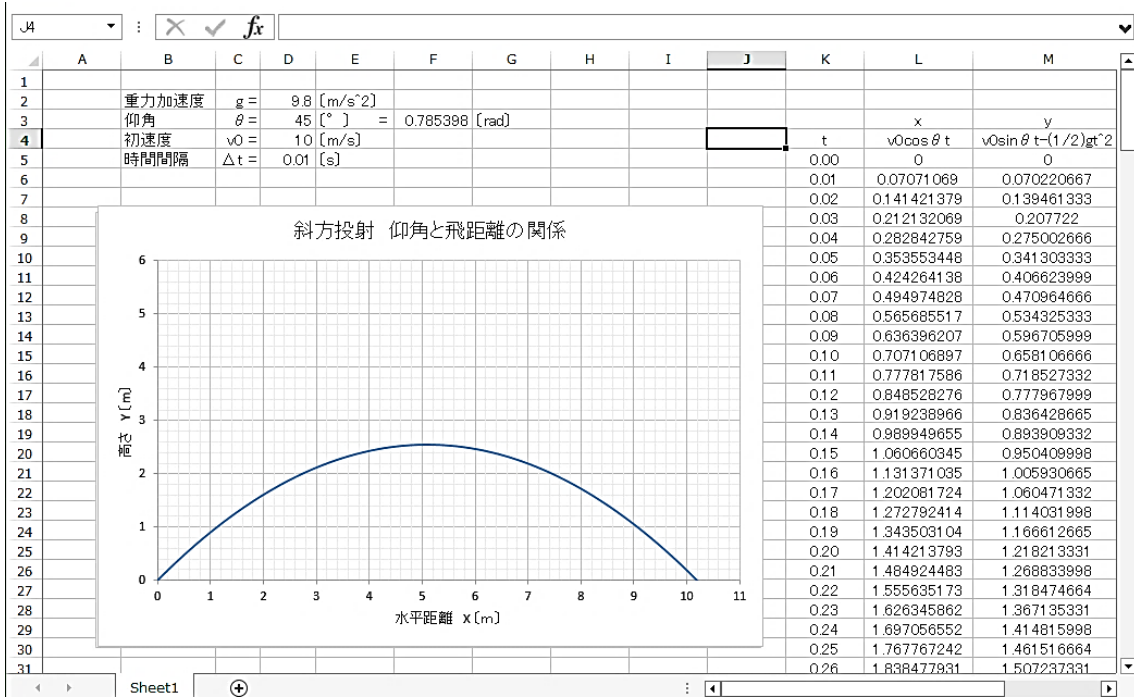


図 1-57

## 計算機実験準備

ようやく斜方投射の実験ができるシートができました(図 1-57)。コンピュータを使って理論的なシミュレーションをすることを計算機実験といいます。ここで最終点検を行いましょう。

### チェック 1

まず、仰角を 10 度から 10 度ずつ増やして 90 度までうまくグラフが固定した座標で機能するかチェックしましょう。次に、仰角を一定にして、初速度を変えてグラフの軌道を確認してみましょう。座標が変化しなければチェック OK です。座標が動いてしまう場合はもう一度固定です。

### チェック 2

図 1-58 です。計算式のチェックは、例えばセル L14 の数値をクリックしてします。すると矢印①のところにセル L14 に書かれた計算式のすべてが出てきます。よく見ると色がついていますね。これが表の矢印②や矢印③の値を使っているという意味で同じ色になっているのです。分かりやすいですね。これで、間違ったところを参照していないか確認することができます。



図 1-58

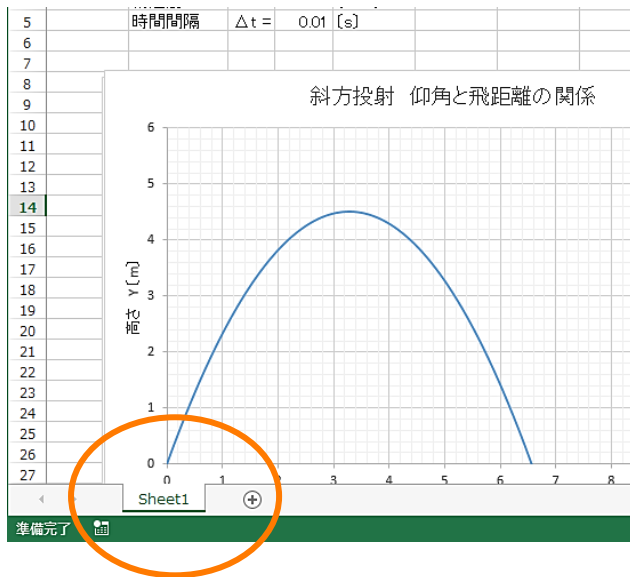


図 1-59

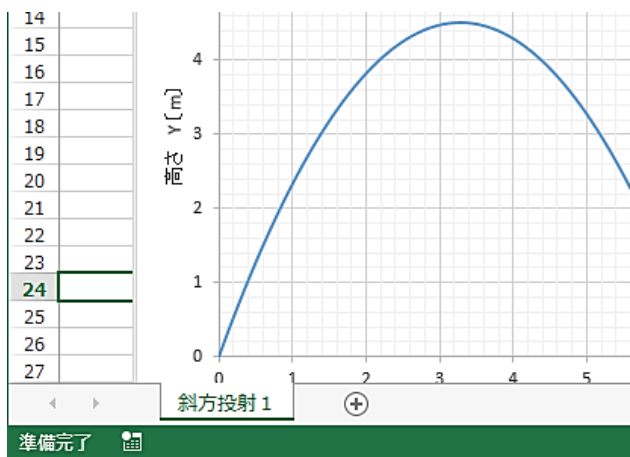


図 1-60

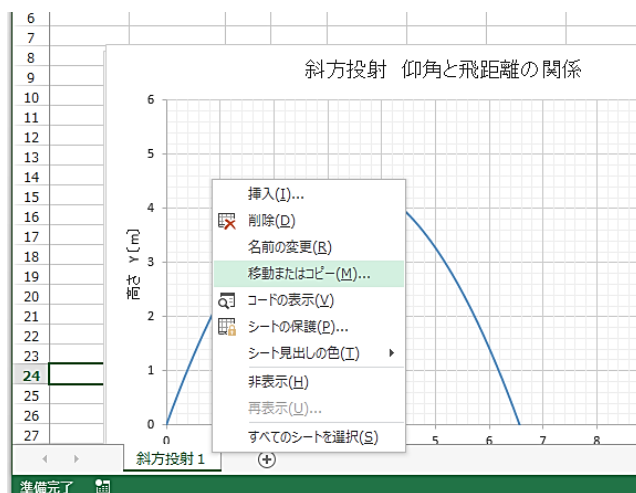


図 1-61

## 計算機実験 I

基本的な計算機実験用のシート (Sheet) ができました。このシートを基にして、初速度を一定にして仰角を変化させると、どのような軌道の変化があるかを実験し、結果をグラフに表してみることにします。

このときすることは、この計算機実験シートの複製を作って、そこで計算機実験をするということです。

それでは出来上がったシートに名前をつけ、その複製を作りましょう。

図 1-59 のように出来上がったシートには「Sheet1」という名前がタブにつけられています。この「Sheet1」をダブル左クリックして名前を「斜方投射 1」と書き換え ENTER キーを押します(図 1-60)。

次にこの新しく「斜方投射 1」という名前になったタブにカーソルを再び持ってきて右クリックします。すると図 1-61 のようなメニューが出てきます。ここの「移動またはコピー」を選んで左クリックします。

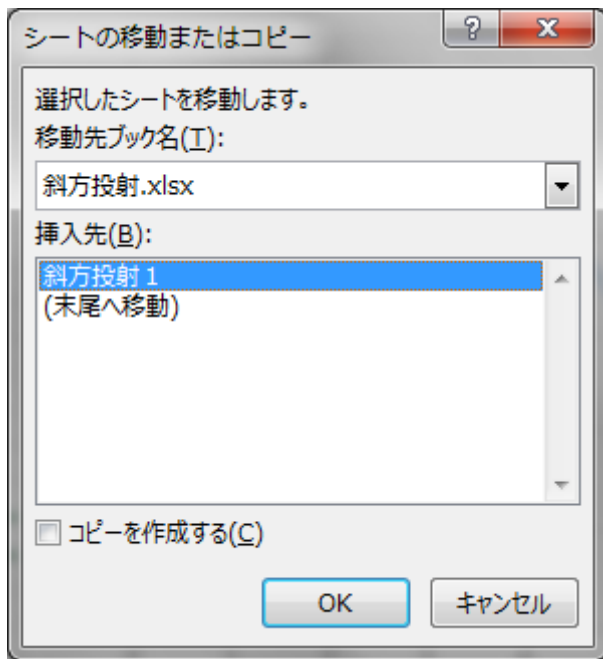


図 1-62

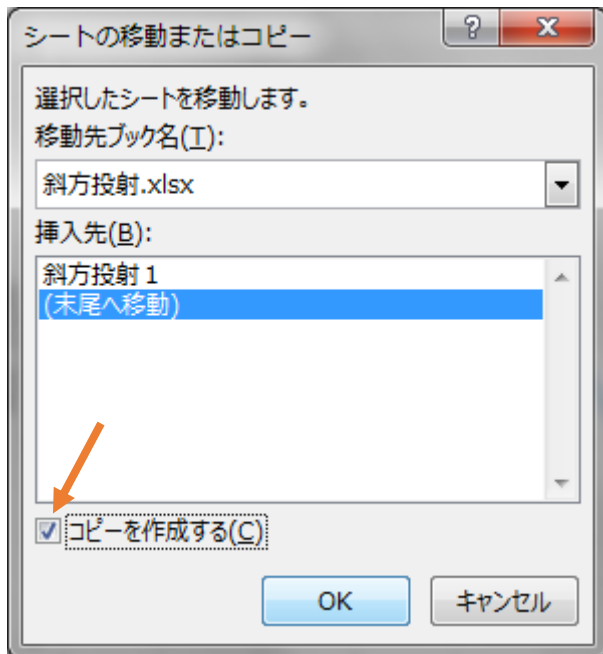


図 1-63

## 計算機実験 I

すると図 1-62 のようなダイアログが出てきます。これがシートを移動させたりコピーできるダイアログです。図 1-63 のように、ここの「コピーを作成する」にチェックを入れ、「挿入先」を「(末尾へ移動)」を選んで「OK」ボタンを押します。

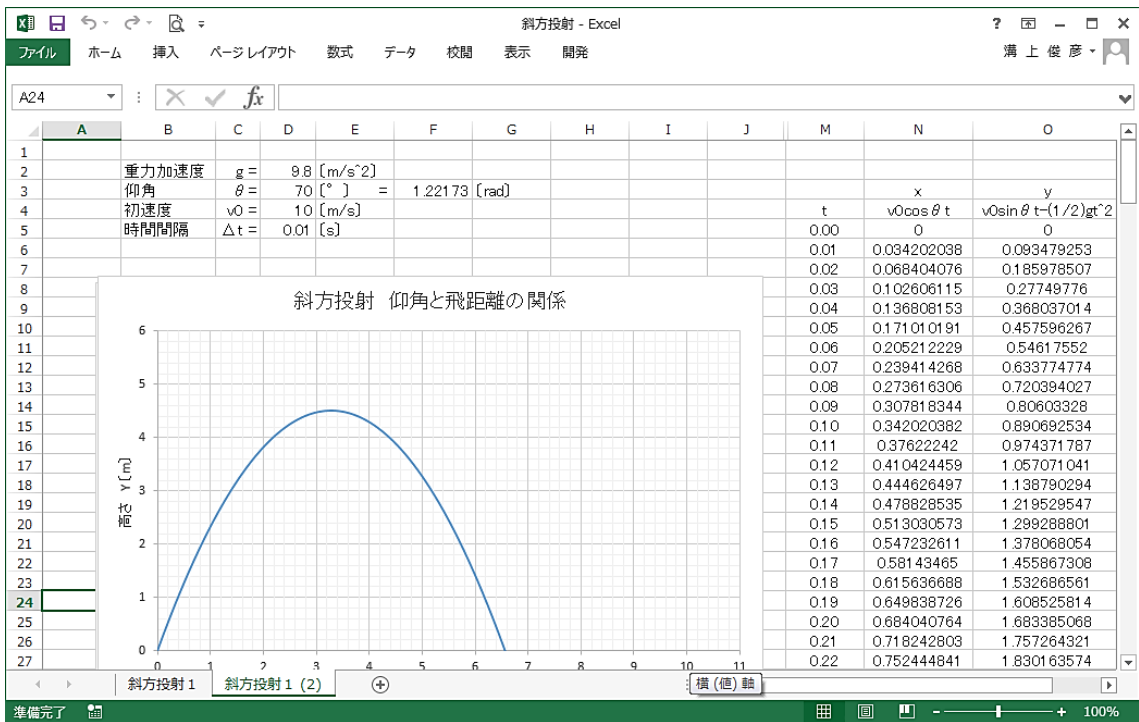


図 1-64

	L	M	N	O
計算エンジン	x	計算エンジン	y	$\theta = 10$ 度
	x		y	
	$v_0 \cos \theta t$		$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$	x
	0		0	y
	0.07071069		0.070220667	
	0.141421379		0.139461333	
	0.212132069		0.207722	
	0.282842759		0.275002666	
	0.353553448		0.341303333	
	0.424264138		0.406623999	
	0.494974828		0.470964666	

図 1-65

## 計算機実験 I

すると図 1-64 のように「斜方投射 1」シートのコピーである「斜方投射 1 (2)」というシートができます。

この新しいシートの名前を「斜方投射 2」と書き換えておきます。シート名の書き換え方は説明したばかりですので省略します。

この「斜方投射 2」のシートを使って仰角と飛行軌道について計算機実験を試みることにします。

それでは、「斜方投射 2」のシートを使って、仰角を 10 度ずつ増やしたときの軌道の一つのグラフを表すことにチャレンジしましょう。

まず図 1-65 のようにセル L2 から右にセル O2 までに新しい言葉をセルに書きます。意味は後から説明しますので、とりあえず書いておきましょう。全体のイメージは、図 1-66 のようになります。

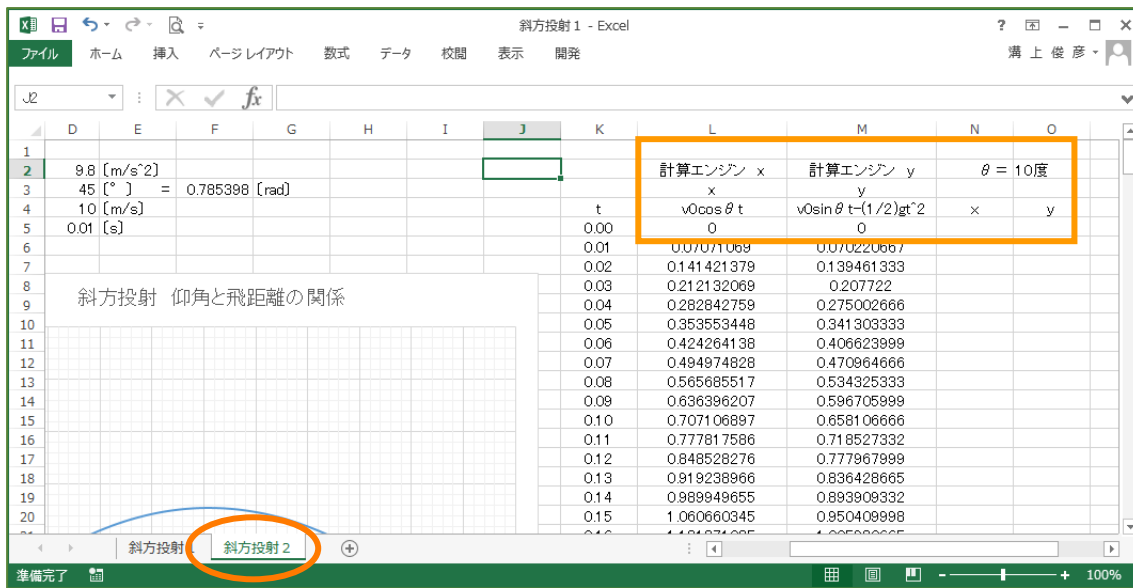


図 1-66

ここで図1-66のように仰角を $10^\circ$ にします。当然グラフが変わりますね。そして、図1-67のように、この $10^\circ$ のときの計算結果を $t=0$  s から $2.1$  s まで  $x, y$  の値全体をドラッグして色を変えておきます。

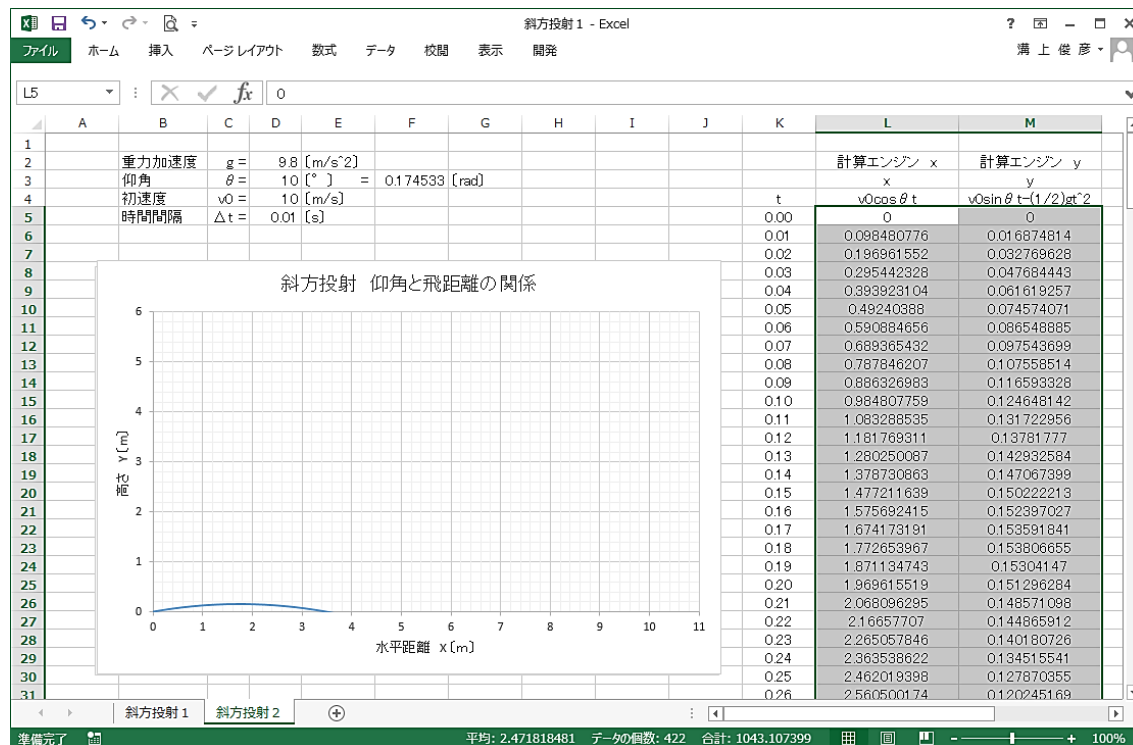


図 1-67

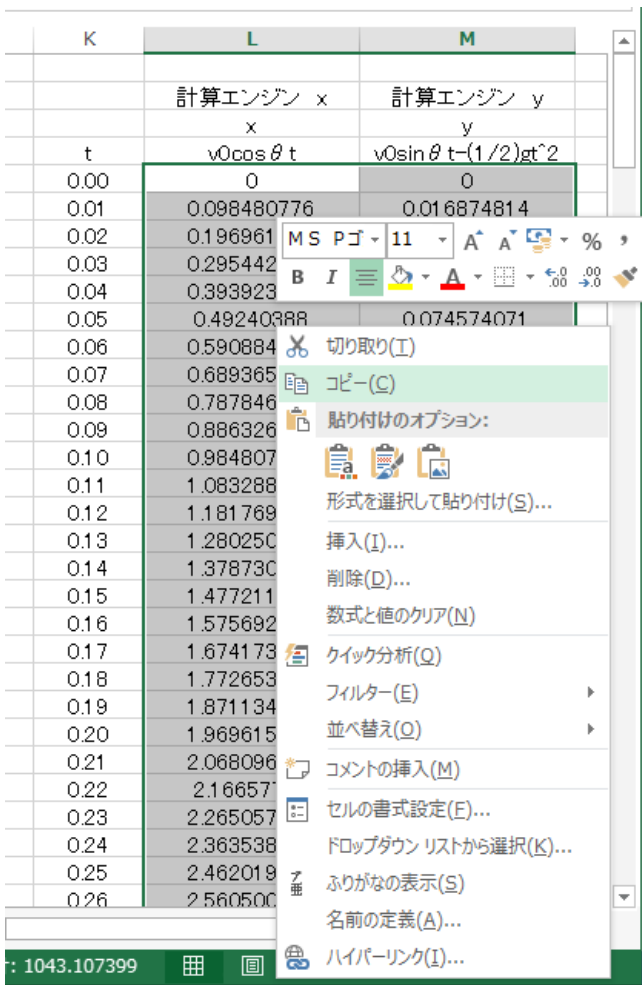
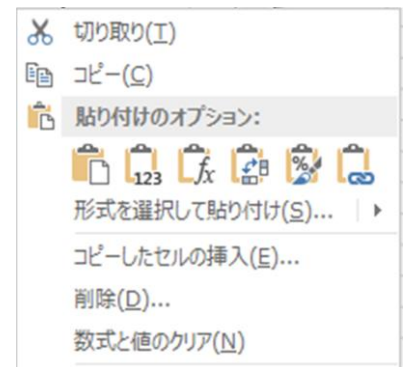


図 1-68

ドラッグして色がグレーに変わったところにカーソルを持ってきて右クリックすると、図 1-67 のようなメニューが出てきます。このメニューの「コピー」を左クリックしてこのデータをコピーしてしまいます。コピーですから、そこに元のデータは残っています。

今度は、そのコピーしたデータを貼り付けます。セル N5 をクリックして太線にした後、右クリックするとまたメニューが出てきます。



メニューの中の「貼り付けのオプション」から



を選びます。すると、図 1-69 のように、データの数字だけが貼り付けられます。計算式などは貼り付けたくないときに、この方法は良く使われます。

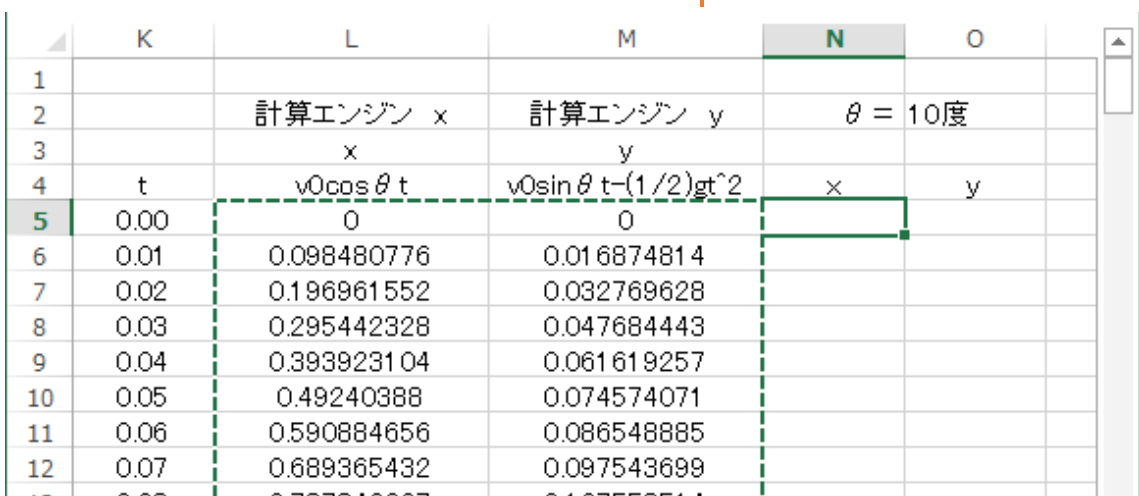


図 1-69



計算エンジン x		計算エンジン y		$\theta = 10$ 度	
x	y	x	y	x	y
$v_0 \cos \theta t$	$v_0 \sin \theta t - (1/2)gt^2$				
0	0	0	0	0	0
0.098480776	0.016874814	0.098481	0.016875		
0.196961552	0.032769628	0.196962	0.03277		
0.295442328	0.047684443	0.295442	0.047684		
0.393923104	0.061619257	0.393923	0.061619		
0.49240388	0.074574071	0.492404	0.074574		
0.590884656	0.086548885	0.590885	0.086549		
0.689365432	0.097543699	0.689365	0.097544		
0.787846207	0.107558514	0.787846	0.107559		
0.886326983	0.116593328	0.886327	0.116593		
0.984807759	0.124648142	0.984808	0.124648		
1.083288535	0.131722956	1.083289	0.131723		
1.181769311	0.13781777	1.181769	0.137818		
1.280250087	0.142932584	1.28025	0.142933		
1.378730863	0.1470	1.378731	0.147067		

図 1-70

この仰角  $\theta=10^\circ$ の軌道をグラフの中に描き入れることにしましょう。

図 1-70 のようにまず最初のデータを  $\theta=45^\circ$ に戻しておき、そのライン上を左クリックすると、図 1-70 のように、ラインがアクティブになります。そこで右クリックすると図 1-71 のようなメニューが出てきます。

このメニューの「データの選択」を選びます。

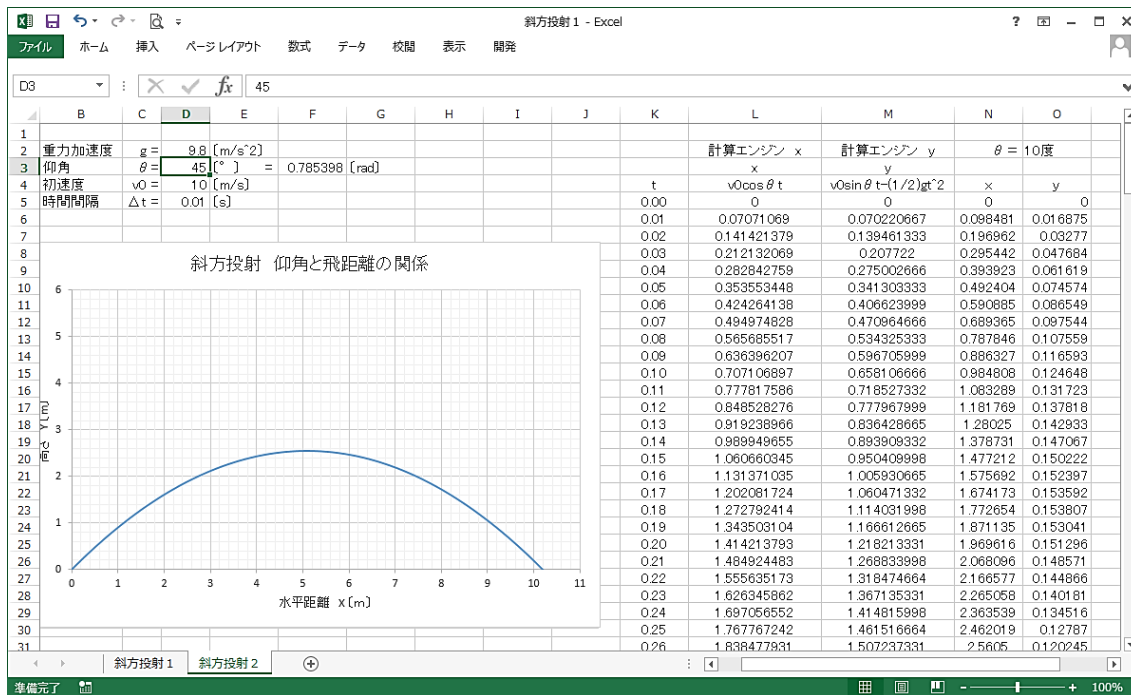


図 1-71

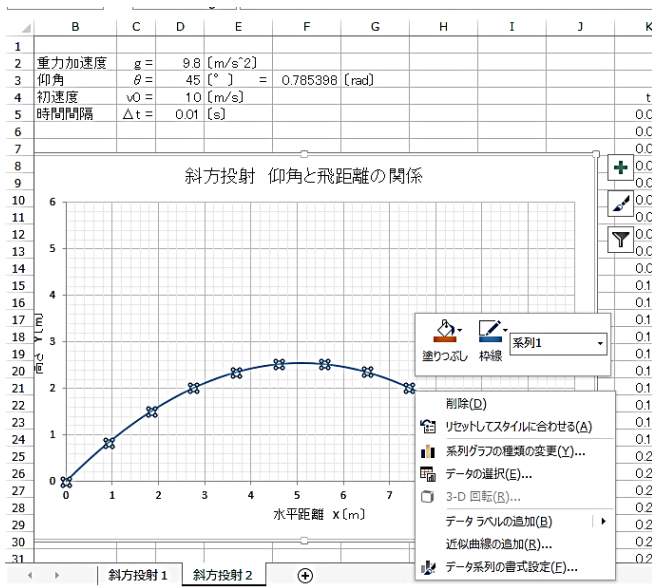


図 1-72

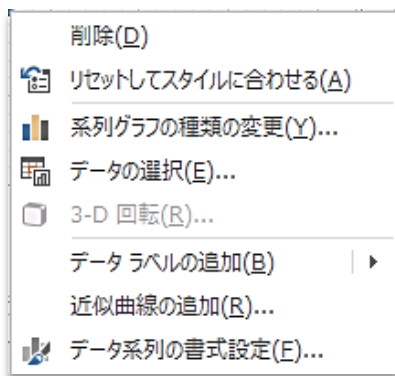


図 1-73

この仰角  $\theta = 10^\circ$  の軌道をグラフの中に描き入れることにしましょう。

図 1-71 のようにまず最初のデータを  $\theta = 45^\circ$  に戻しておき、そのグラフの青いライン上を左クリックすると、図 1-72 のように、ラインがアクティブになります。そこで右クリックすると図 1-73 のようなメニューが出てきます。

このメニューの「データの選択」を選びます。すると図 1-74 のダイアログが出てきます。これはグラフになるデータが整理されて収納されている場所です。

ここに  $\theta = 10^\circ$  のときの新しいデータを追加して新しい曲線を書きますので「追加」を左クリックします。

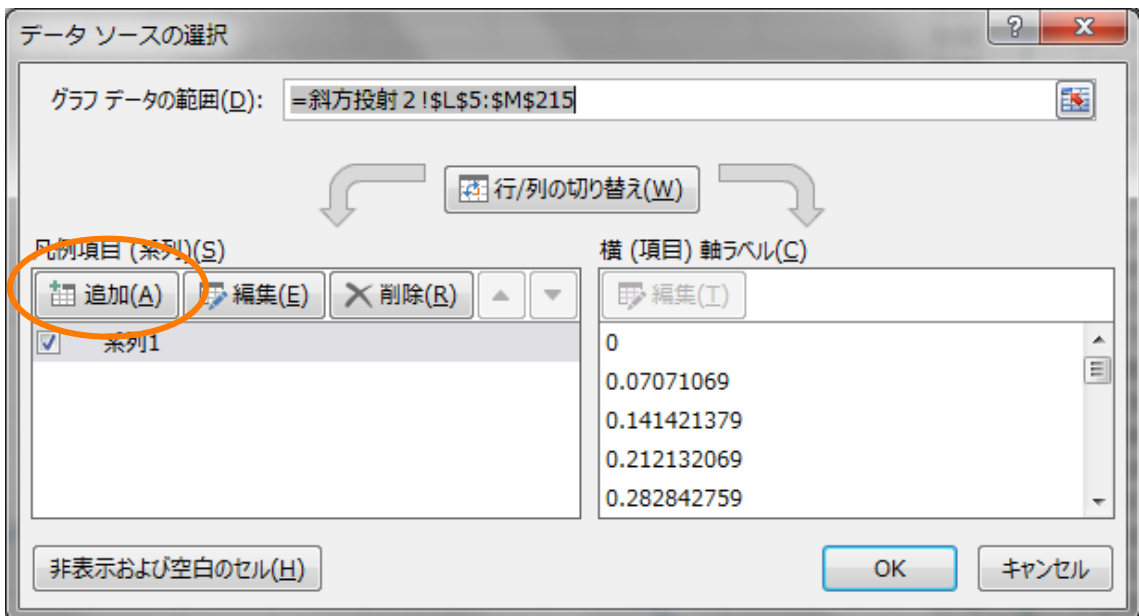


図 1-74

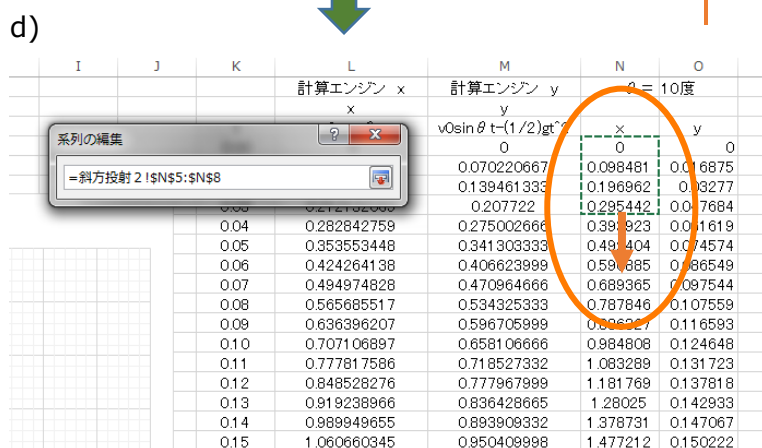
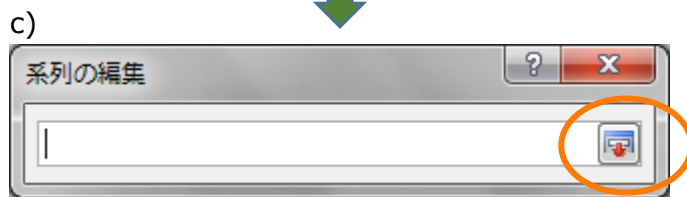
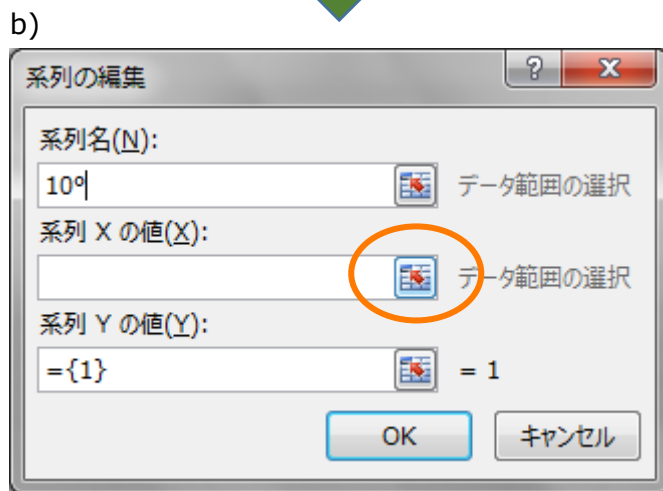
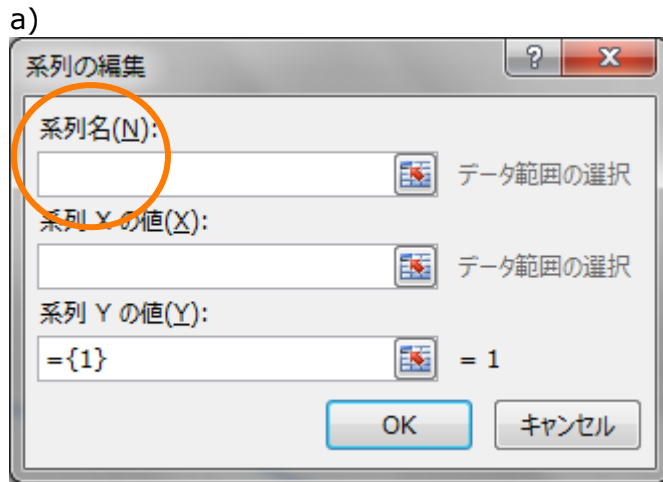


図 1-75 の a)の「系列名」というのは、 $\theta=10^\circ$ のときの新しいデータ x y 系列群の名前です。仰角が  $10^\circ$  のデータですから「系列名」は「 $10^\circ$ 」としておきます。

b) の「系列 X の値」は右のマウスで囲んだ表のアイコンを左クリックします。

すると c) のようなダイアログができてきます。その右にある丸で囲んだところを左クリックして、

d) のようにシート「斜方投射 2」の  $\theta=10^\circ$  の x 座標の値をセル N5 から下にドラッグしていきます。

図 1-75

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
187										1.82	12.86934552	-3.361418685	17.9235	-13.0704
188										1.83	12.94005621	-3.469558019	18.02198	-13.2318
189												-3.578677352	18.12046	-13.3943
190												-3.688776686	18.21884	-13.5578
191												-3.799856019	18.31742	-13.7222
192												-3.911915352	18.41591	-13.8876
193												-4.024954686	18.51439	-14.054
194										1.89	13.36432035	-4.138974019	18.61287	-14.2213
195										1.90	13.43503104	-4.253973353	18.71135	-14.3897
196										1.91	13.50574173	-4.369952686	18.80983	-14.559
197										1.92	13.57645242	-4.48691202	18.90831	-14.7293
198										1.93	13.64716311	-4.604851353	19.00679	-14.9006
199										1.94	13.7178738	-4.723770686	19.10527	-15.0729
200										1.95	13.78858449	-4.84367002	19.20375	-15.2461
201										1.96	13.85929518	-4.964549353	19.30223	-15.4203
202										1.97	13.93000587	-5.086408687	19.40071	-15.5955
203										1.98	14.00071656	-5.20924902	19.49919	-15.7717
204										1.99	14.07142724	-5.333067354	19.59767	-15.9489
205										2.00	14.14213793	-5.457866687	19.69616	-16.127
206										2.01	14.21284862	-5.58364602	19.79464	-16.3062
207										2.02	14.28355931	-5.710405354	19.89312	-16.4863
208										2.03	14.35427	-5.838144687	19.9916	-16.6674
209										2.04	14.42498069	-5.966964021	20.09008	-16.8494
210										2.05	14.49569138	-6.096563354	20.18856	-17.0325
211										2.06	14.56640207	-6.227242688	20.28704	-17.2165
212										2.07	14.63711276	-6.358902021	20.38552	-17.4015
213										2.08	14.70782345	-6.491541355	20.484	-17.5875
214										2.09	14.77853414	-6.625160688	20.58248	-17.7744
215										2.10	14.84924483	-6.759760021	20.68096	-17.9624
216														
217														



系列の編集

系列名(N):  
10° = 10°

系列 X の値(X):  
=斜方投射 2 ! \$N\$5: \$N\$215 = 0, 0.09848077...

系列 Y の値(Y):  
={1} = 1

OK キャンセル



系列の編集

系列名(N):  
10° = 10°

系列 X の値(X):  
=斜方投射 2 ! \$N\$5: \$N\$215 = 0, 0.098480776...

系列 Y の値(Y):  
=斜方投射 2 ! \$O\$5: \$O\$215 = 0, 0.016874814...

OK キャンセル

すると図 1-76 のように 215 行までに引張ることになり、「系列 X の値」は

=斜方投射 2 ! \$N\$5: \$N\$215

斜方投射 2 というシート (!) の中のセル N5 から (:) N215 までの列です。という意味としてエクセルが読み取ってくれたことを意味します。

「系列 Y の値」は自分の力で入れてみましょう。図 1-76 の一番下のダイアログと同じになれば合格です。OK のボタンを押して図 1-77 のように最初のダイアログの「OK」ボタンも押して、「斜方投射 2」のシートに戻りましょう。

図 1-76

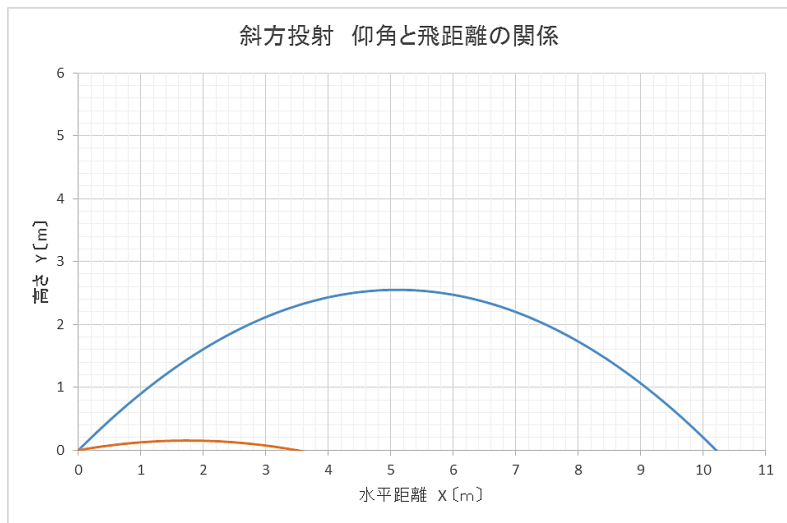
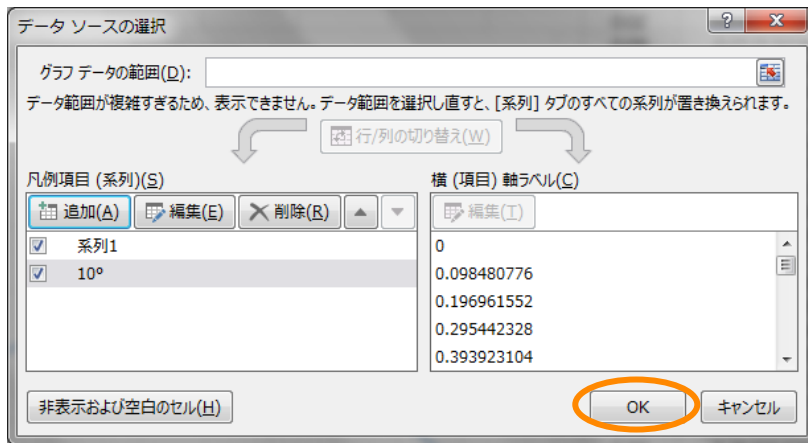
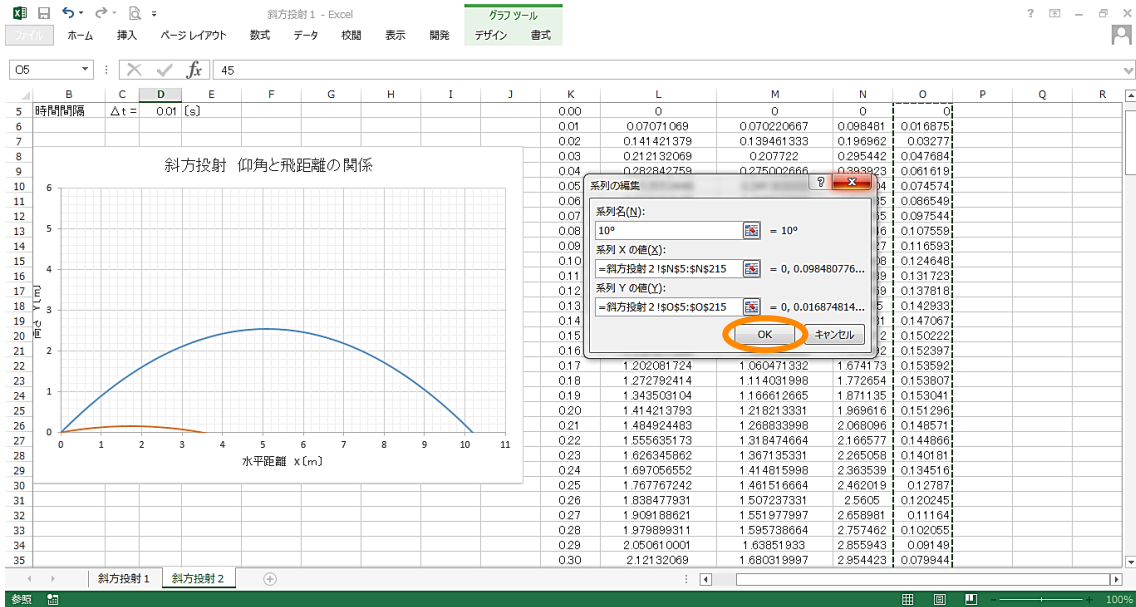


図 1-77

これで一つのグラフに違う系列のグラフを描き入れることができました。

でも曲線が増えると、それぞれの曲線の名称が必要になってきます。エクセルでは、それも系列名でグラフの横に自動でつけることができますが、大抵はよく判別できません。ここでは、手で、仰角  $\theta = 10^\circ$  のラインの近くに「10°」という名前をつけてあげることにします。

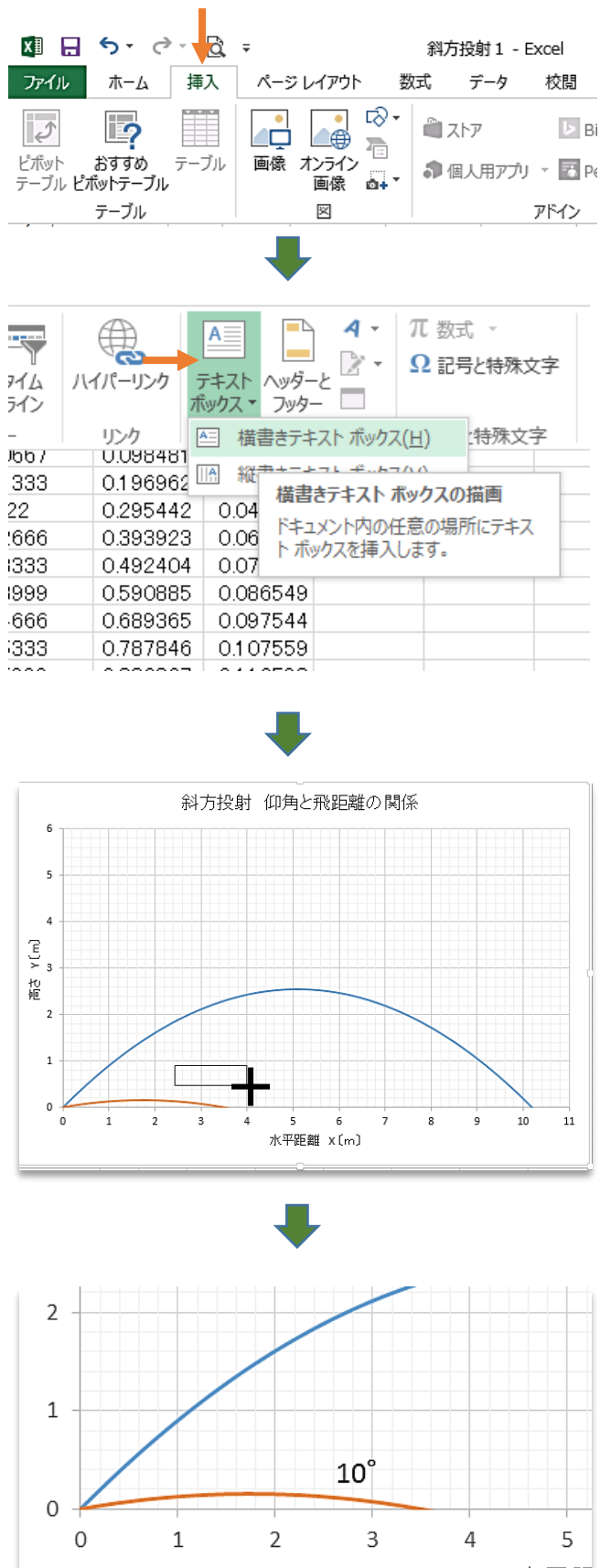


図 1-78

まずグラフをアクティブにして、上の「挿入」のタブをクリック。メニューがいっぱい出てきます。

その中に「テキストボックス▼」というのがありますので、それをクリックして「横書きテキストボックス」を選びます。

するとカーソルが右のような形に変わります。このままグラフの上に持って行って左クリックするとカーソルが右のようになります。



そのままドラッグする形で広げ、できた四角の中に「10°」と書きます。こうしてできた曲線の名前は、グラフを移動させてもきちんとついてきます。

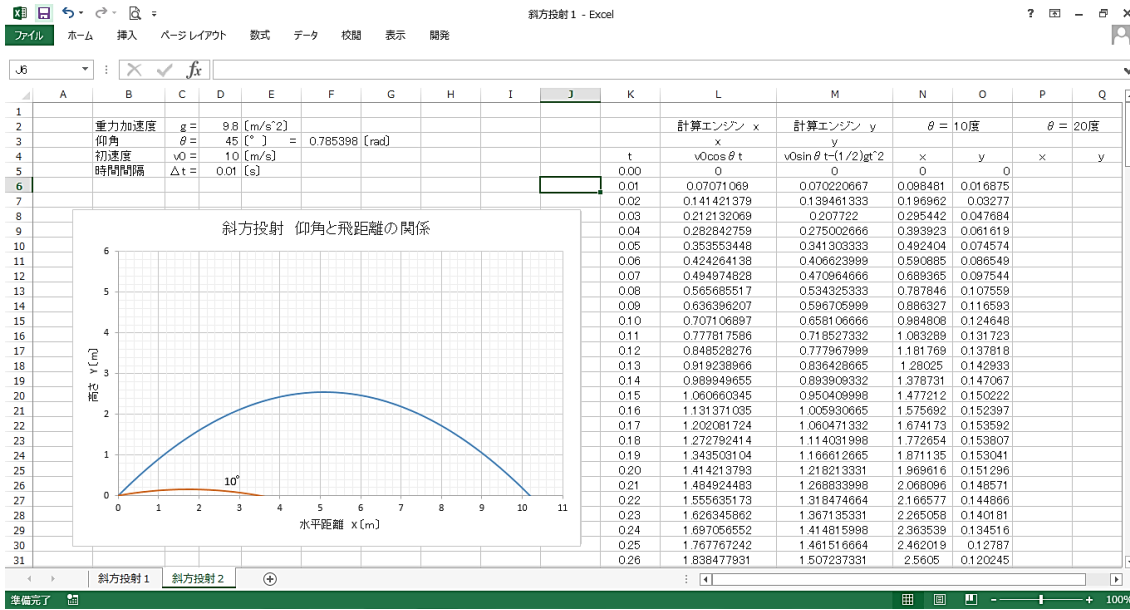


図 1-79

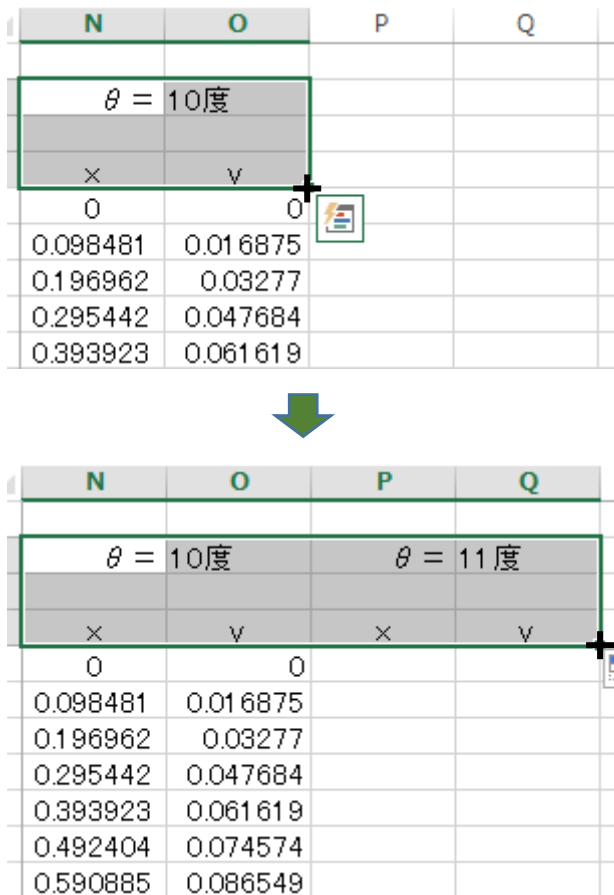


図 1-80

ここまでで僕のアドバイスはほとんど終わりです。これからなにをすればいいか？！もちろん分かりますね。そうです。仰角を  $10^\circ$  ずつ増やしてその軌道の一つのグラフを表してみましょ。最後に  $45^\circ$  のラインも付け加えましょ。

図 1-79 を見てください。 $\theta=10$  度の列に加えて  $\theta=20$  度の欄が加わっていますね。このようにして右側に  $\theta=90$  度までのデータ X Y が入るデータ列を作っておきましょう。

ここでもよく使われる方法があります。図 1-80 を上から順に見てください。まず  $\theta=10$  度と x y の一群を囲むようにドラッグします。

そして右下隅にカーソルを持っていくとフィルハンドルの  $+$  の形になります。そのまま右に 2 列分フィルハンドルすると図 1-80 の下のようになります。10 度が 11 度になっていますね。エクセルが気を利かせてくれたのですが残念でした。ここを次ページの図 1-81 のように 20 度書き換えるだけです。

このフィルハンドルはもっと右に引っ張っても次々と出てきます。ぜひ試してみてください。

N	O	P	Q
$\theta = 10$ 度		$\theta = 20$ 度	
x	y	x	y
0	0		
0.098481	0.016875		
0.196962	0.03277		
0.295442	0.047684		
0.393923	0.061619		
0.492404	0.074574		
0.590885	0.086549		
0.689365	0.097544		

図 1-81

下図のようなグラフが完成したら合格です。このグラフはいろんなことを教えてくれそうです。このテキストで出題される課題を解くときの参考にしてください。

このようにエクセルによって、これまで描こうと思ってもなかなか描けなかったグラフが描けるようになりました。

この斜方投射のグラフは条件が必要です。そう「空気抵抗がない」と仮定しています。それでは空気抵抗がある場合はどんな軌道になるのでしょうか。

この理数情報では、空気抵抗があるときの方程式とそのグラフについても考えていく予定です。楽しみにしておいてください。

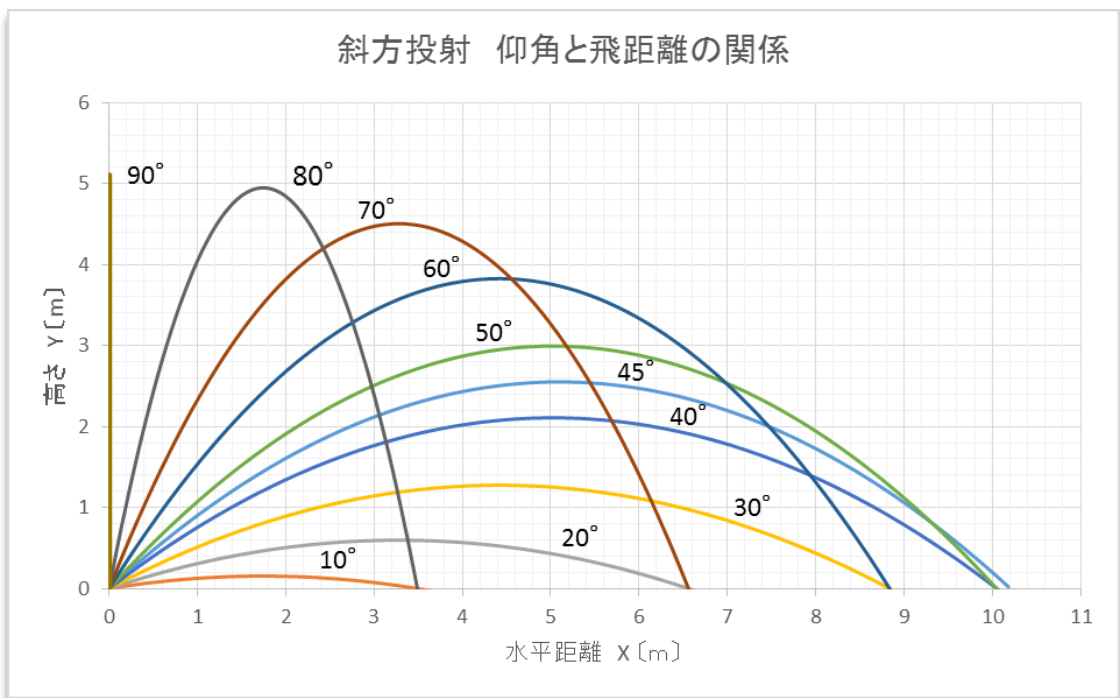


図 1-82



## 計算機実験 II

図 1-82 を見ると、仰角  $45^\circ$  が一番飛ぶというのは空気抵抗を無視すると正しいことのようにです。それでは、 $44.9^\circ$  や  $45.1^\circ$  とはどのぐらい飛行距離が違うのでしょうか。それを実験しようとしたのが図 1-83 と図 1-84 です。「斜方投射 2」のシートをコピーして「斜方投射 3」という名前のシートを作りました。また、グラフの最大値や最小目盛りも変えています。なんとミリ単位の違いを検出できるようにしました。君たちにできますか。これまでの応用だと思ってチャレンジしてください。

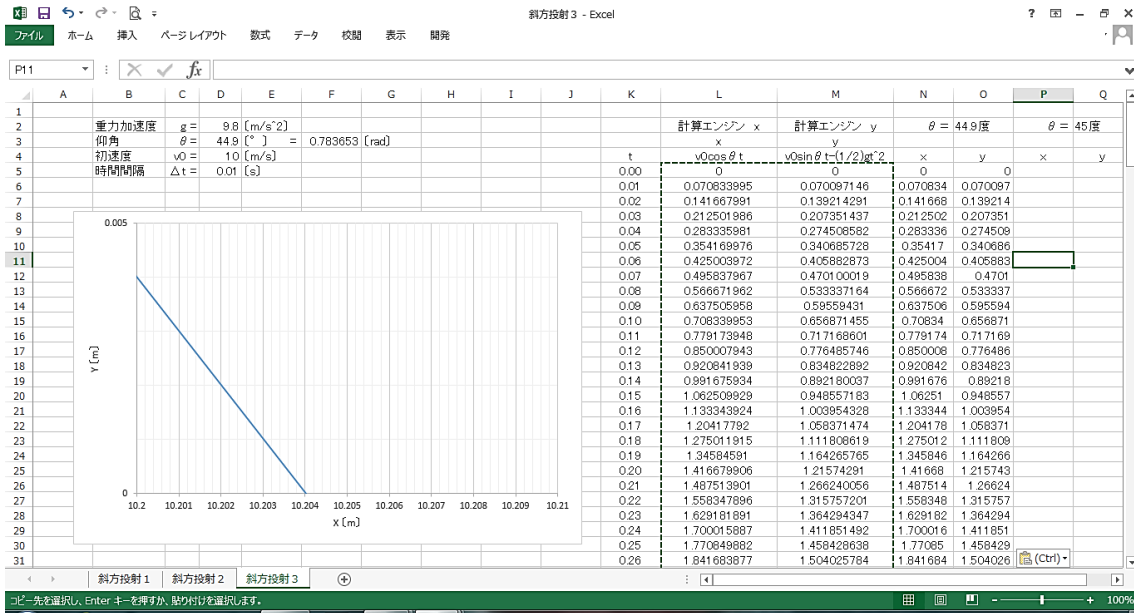


図 1-83

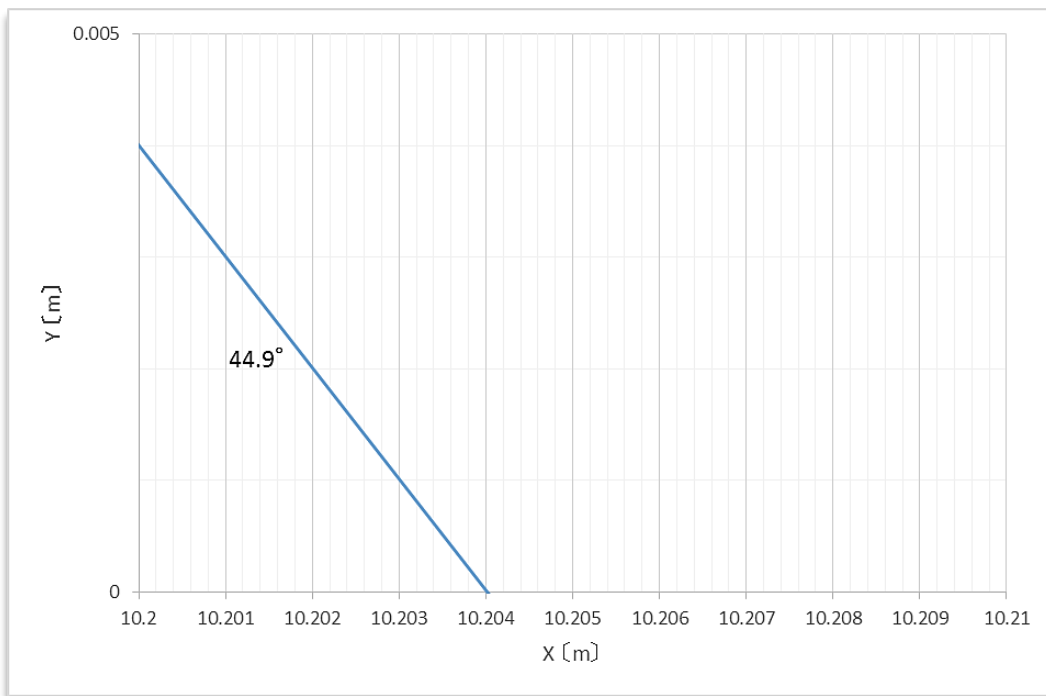


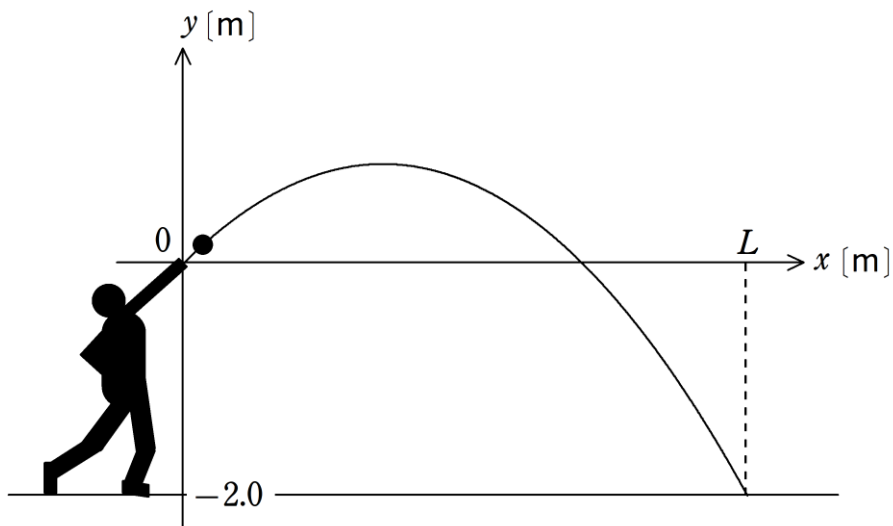
図 1-84

## 課題 I 砲丸投げ問題

砲丸投げの男子の世界記録はアメリカのランディバーンズが1990年に記録した23m 12である。この16ポンド（男子7.26 kg）の砲丸を投げる競技は、1860年に本物の大砲の砲丸を投げ距離を競ったのが初めだといわれている。ちなみにこの競技の日本記録は中村太地が2018年に記録した18m 85である。（ウィキペディア「砲丸投」）

さて、この砲丸投げでは本当に45度の仰角で投げるのが最も飛距離が出るのだろうか。地上から2mの高さから $\theta$ の仰角で投げるとき、最も飛距離の出る仰角 $\theta$ を計算機実験により求めよ。ただし重力加速度を $9.8\text{m/s}^2$ とし、砲丸が地上に到達したときの距離 $L$ は下図を参照のこと。また砲丸の初速度は $10\text{m/s}$ で一定とする。

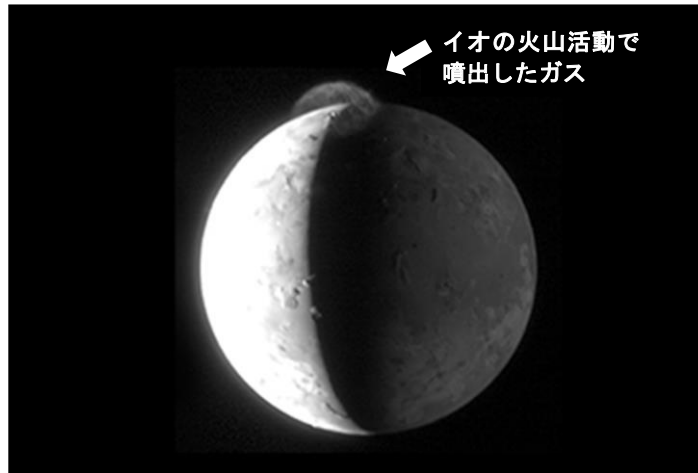
なお提出するレポートは、「きみろん」の論文様式に沿って書き、必要なグラフを張り付けそのグラフの下には、グラフ1や図3といった名前をテキストのようにつけて説明すること。タイトルは最適なタイトルを自分で考え、サブタイトルを「一砲丸投げ問題—」とすること。



**発展** この研究は、実際に競技者の手に力センサーを付け、砲丸のリリースまでの力の時間変化を測定すると  $F-t$  グラフにより力積が測定できる可能性がある。どんなフォームで初速度を上げるか、また高速カメラでの軌道の解析など興味深い内容を多く含んでいる。

## 課題Ⅱ イオの火山活動

ボイジャー計画によって太陽系を横断中のボイジャー1号は、1979年、木星の衛星に接近し、木星の衛星であるイオの撮影画像を地球に送ってきた。ボイジャーのナビゲーションエンジニアだったリнда A. モラビトは、イオの画像を詳細に調べていた時に、画像の一つに奇妙な影が映っているのを見つけた。初めそれは、他の衛星の影かと思われたが、よく調べるとイオの火山活動で噴出したガスや粒子がちょうど撮影されたものであった。今では、地球以外の星の火山活動を初めてとらえたボイジャー計画における歴史的発見の一つと言われている。



このときの噴火における噴出物の初速度を写真から見積りなさい。なお必要なら以下のイオの基本データのうち必要なものを使ってもよい。提出方法は「課題Ⅰ」に同じ。副題は「イオの火山活動」とする。

### イオの基本データ

木星の衛星 (1610年1月7日ガリレオ・ガリレイによって発見)

半径 1822km

質量  $8.94 \times 10^{27}$  Kg

表面重力  $1.79 \text{ m/s}^2$

大気成分 二酸化硫黄が90%だがほとんど大気の抵抗は無視できる。

表面温度 火山部分除いて平均 130K

公転半径 421700 km (木星の中心からの平均距離)

# きみろん Comp. 第2章

## — データ処理と最小二乗法 —

### データ処理

皆さんの中で、本格的に実験をして実際に数多くのデータをとった経験のある人はほとんどいないと思います。中には大学が主催するプログラムに参加し、膨大なデータを目にしてびっくりした人もいるかもしれませんが少数派ですね。中学でも高校でも理論的なことを学ぶ授業が中心で、時間のかかる実験とその結果をグラフに表すことについては何も知らない人が多いのは当然です。それでも化学や物理の時間に「有効数字」という言葉が出てきたり、数学でボックスプロット（箱ひげグラフ）の書き方が出てきて何に使うんだらうと思っている人もいるでしょう。

「平均」という概念はよく知っていますね。ところがデータの大事な要素はもう一つあって「分散」といわれています。これは測定データの散らばり具合のことです。この「平均」と「分散」をうまく表す方法の一つが「ボックスプロット（箱ひげグラフ）」です。また、測定データには必ず誤差があります。その誤差の評価で「有効数字」が意味を持ってきます。

ここでは実際に「平均」と「分散」をグラフを使って表すいくつかの方法を学んでいきましょう。

### 最小二乗法

最近、中学の理科の内容が変わったのか、データをグラフにプロット（印をつけること）して、そのまま折れ線で平気で結んでしまう人が減りました。高校入試も折れ線にした人が不正解になるような問題になってきています。これはいいことですが、なぜそうなのかを説明できる人は少ないと思います。

これは、実際の測定データの分布とその実験で考えられる理論曲線（直線）とは、根本的にちがうものだという認識からきています。測定データは自然が教えてくれたもの、理論曲線は人間が数学的に理屈で考えたものです。例えば、右図のようになるグラフは、研究者たちのほとんどが納得してくれるのです。この中に、多くの重要な要素が潜んでいます。

この理論曲線（直線）を書く方法が「最小二乗法」といわれるものです。この章では、その「最小二乗法」を理解し、科学的背景を持った理論曲線（直線）が作れるようにしていきましょう。

