

# ボール投げのシミュレーション(2)

担当: 高安 亮紀

# 目的

演習1、投げたボールの空気抵抗を考慮し、  
ボールの軌跡を可視化する。

演習2、跳ね返り係数を考慮し、バウンドの  
軌跡を可視化する。

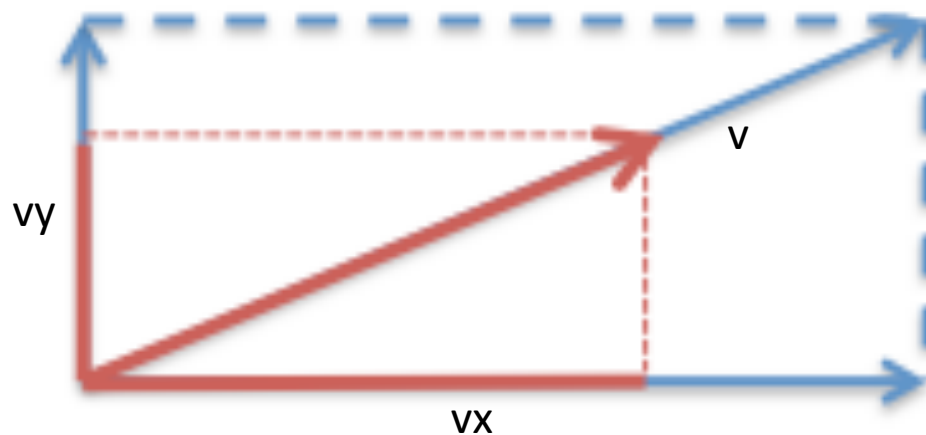
## 演習1：空気抵抗がある場合の速度変化(1)

- 投げたボールは、空気の抵抗を受けて、減速するため、 $v_x$ (水平方向)、 $v_y$ (垂直方向)は影響を受ける。

$v$  : 速さ

$(v_x, v_y)$  : 速度成分

$k$  : 空気抵抗の定数 ( $k = 0$  のとき空気抵抗は0)



青 :  $k=0$  の場合の速度

赤 :  $k$  の抵抗分、速度が減速し、 $v_x$ 、 $v_y$  の値が変わる

## 演習1、空気抵抗がある場合の速度変化(2)

- ・空気抵抗がある場合のdt時間後の速度成分(v<sub>x</sub>,v<sub>y</sub>)を求めるには、空気抵抗k分を減算する必要がある

$$v_x = v_x - k * v * v_x * dt$$

$$v_y = v_y - g * dt - k * v * v_y * dt$$

※計算にvの値が必要になるので、v<sub>x</sub>とv<sub>y</sub>の計算後に求める必要がある

$$v = \text{sqrt}(v_x^2 + v_y^2) \quad \text{※ sqrt}(a) : a \text{の平方根}$$

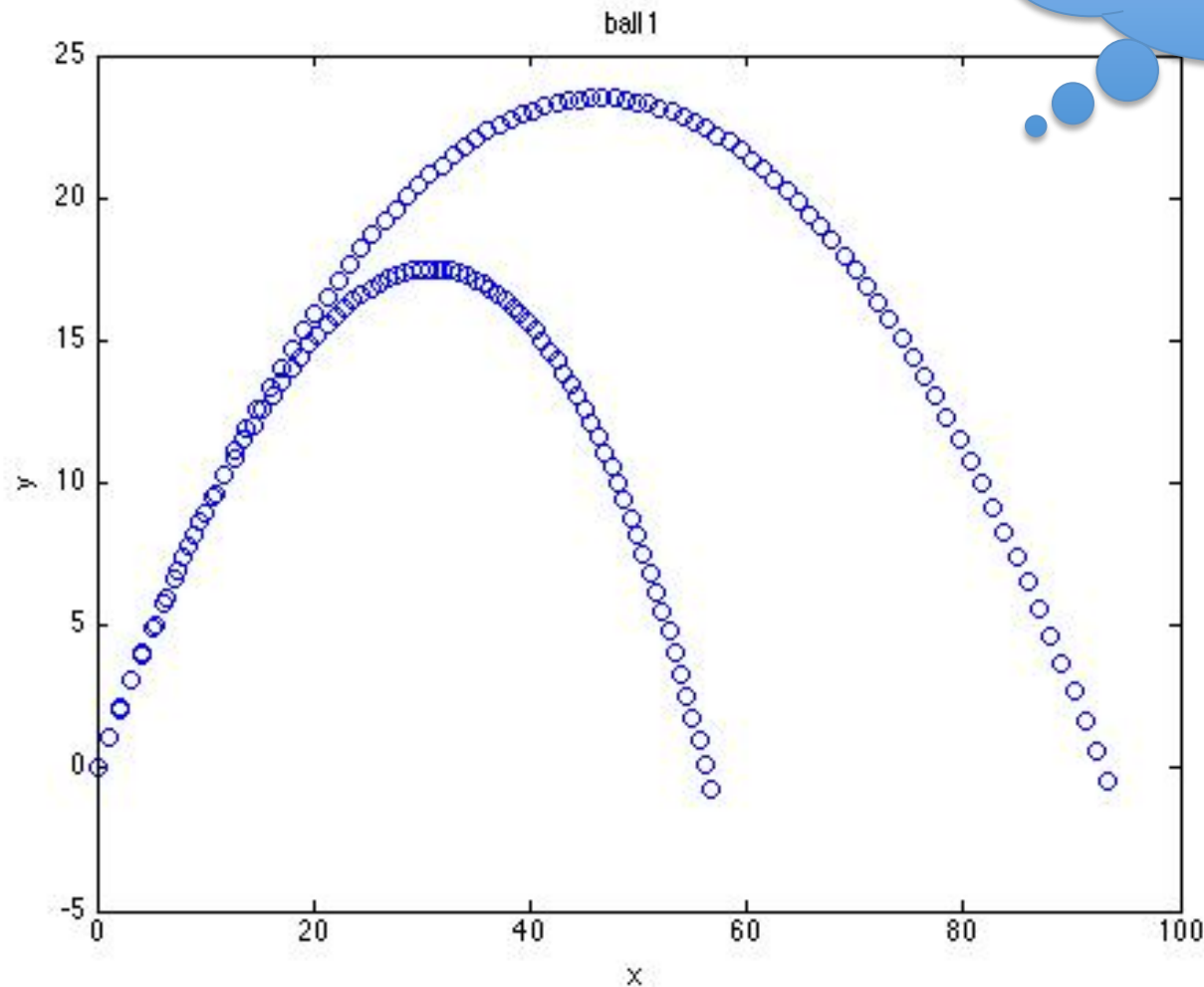
# 演習1、MATLABでプログラム作成

前回の授業のball1.mを用意し、ball2.mとし、  
(1)～(3)を基に変更しましょう。

- (1) 関数の入力値に空気抵抗係数 $k$ を追加
- (2) 空気抵抗係数により減速された速度成分を求める
- (3) 減速された速度 $v$ を3平方の定理を使い、求める

# 演習1、結果イメージ

```
>> ball1(30,45)  
>> ball2(30,45,0.01)
```



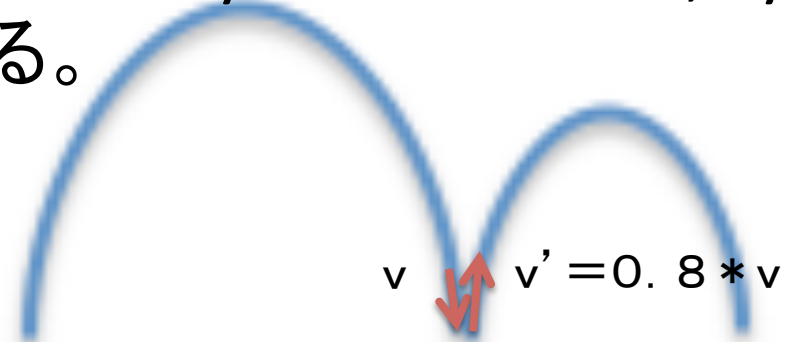
Ball1.mのグラフと重ねて見るには、hold offを削除するとよいです

## 演習2、バウンド(跳ね返り)の軌跡

- ボールが地面に跳ね返るバウンドの軌跡は、  
跳ね返り係数 $e$  ( $0 < e < 1$ ) を用います

$$e = |\text{地面に当たった後の速度}| \div |\text{地面に当たる直前の速度}|$$

例えば、跳ね返り係数を 0.8 に設定した場合、  
地面に当たる直前の速度 $v$ の場合、バウンド後の初速度は  
 $0.8 \cdot v$  になる。そのとき、直前の $x$ 方向、 $y$ 方向の速度 $v_x, v_y$   
もそれぞれ、 $0.8 \cdot v_x, 0.8 \cdot v_y$  となる。



# 演習2、MATLABでプログラム作成

演習1のball2.mを用意し、ball3.mとし、(1)～(4)を基に変更しましょう。

- (1) 演習1のball2.mを用意し、ball3.mとする
- (2) 関数の入力値に跳ね返り係数 $e$ を追加
- (3) 跳ね返る回数を一定回数(たとえば5回)とする。
- (4)  $y < 0$  (地面に落ちた)時、直前の速度 $v$ に跳ね返り係数 $e$ を掛けて、 $v_x$ 、 $v_y$ に分解する。

※このとき、 $y < 0$ のままだとwhile  $y \geq 0$ のループに入らないので、 $y = 0$ と再設定する

## 演習2、結果イメージ

