

# エクセルを使ったシミュレーション

# 運動方程式

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F$$

座標  $x$

速度  $V_x = \frac{dx}{dt}$

加速度  $A_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}$

力  $F = m \times A_x$

  $x$  (進んだ距離)

  $V_x$  (距離の変化量)

  $A_x$  (速度の変化量)

(例) 自由落下

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = (-9.8) \times m$$

バネの振動

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -x$$

# 運動方程式を作る

## 問題1

最初電車が秒速2メートルで進んでいました。2秒後最初の位置から何メートル進んでいますか？

$$x(0)=0 \quad Vx(0)=2 \quad \frac{d^2 x}{dt^2}=0$$

## 問題2

最初駅に停車していた電車が毎秒1m/sずつ加速しながら進んでいきました。2秒後駅から何メートル進んでいますか？

# シミュレーションの方法

1. 運動方程式を決める ( $\mathbf{Ax}(t)$ )
2. 初期値を決める ( $\mathbf{x}(0)$   $\mathbf{Vx}(0)$ )
3. 微小時間 $\Delta t$ の値を決めておく(更新間隔)
4. 下のように時間 $t$ の時の $\mathbf{x}$ と $\mathbf{Vx}$ 値を使って $t+\Delta t$ の時の $\mathbf{x}$ と $\mathbf{Vx}$ の値を求める

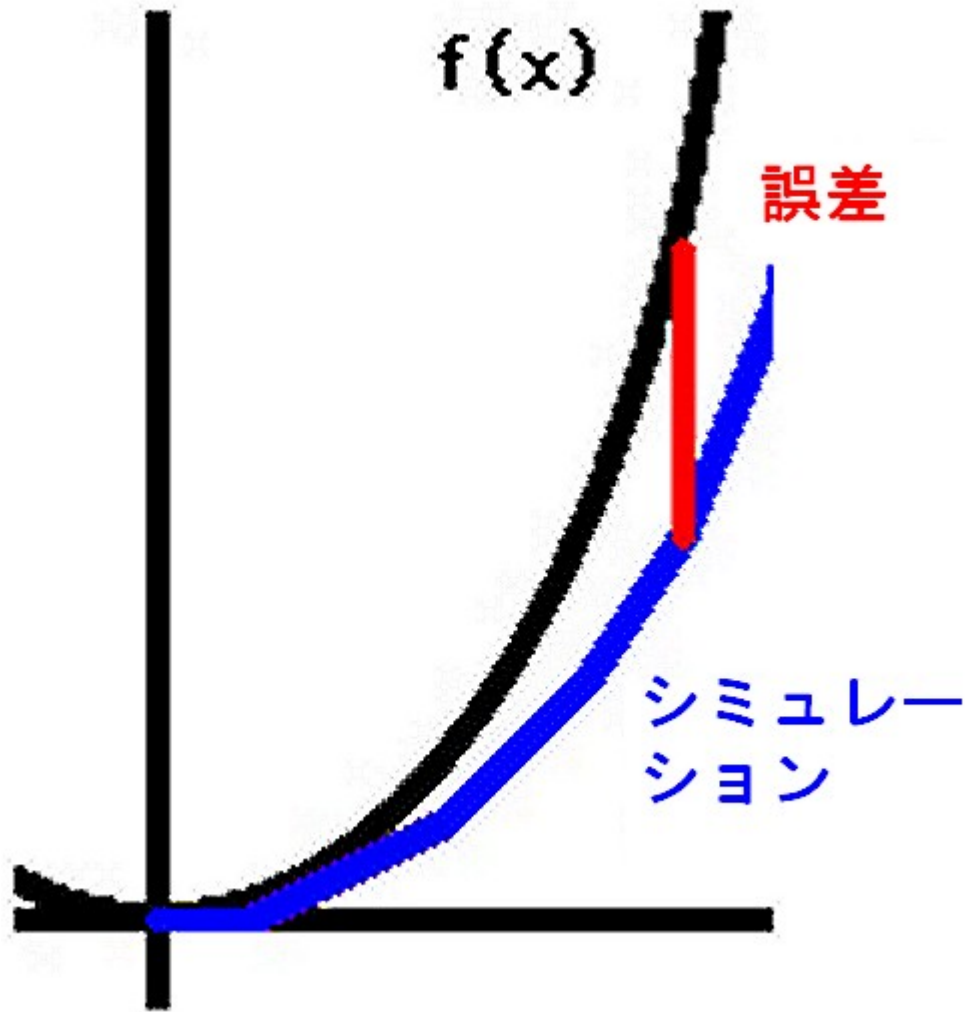
$$(t \rightarrow t + \Delta t)$$

$$x(t + \Delta t) = x(t) + V_x(t) \times \Delta t$$

$$V_x(t + \Delta t) = V_x(t) + A_x(t) \times \Delta t$$

5. 目的の値になるまで4番目の作業を繰り返す

# シミュレーションの誤差



- ・シミュレーションには必ず誤差が出てくる
- ・計算回数や手法を工夫することによって誤差を十分小さくする
- ・今回の計算では $\Delta t$ が誤差の大きさに影響する

### 問題1

最初駅に停車していた電車が毎秒1m/sずつ加速しながら進んでいきました。2秒後駅から何メートル進んでいますか？

### 問題2

斜め45度で投げ上げたボールの運動をシミュレーションしてみよう

$$x(0)=y(0)=0 \quad V_x(0)=10 \quad V_y(0)=10$$

### 問題3

問題2に空気抵抗を追加してみよう。(空気抵抗は速度に比例する)

# 問題1

	A	B	C	D	E	F	G
1						$\Delta t$	0.01
2						$x(0)$	0
3						$V_x(0)$	0
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10	t	x	$V_x$	$A_x$			
11		$0 = G2$	$= G3$	$= 1$			
12	$= A11 + G$1$	$= B11 + C11 * G$1$	$= C11 + D11 * G$1$	$= 1$			

# 問題2

	A	B	C	D	E	F	G
1						$\Delta t$	0.01
2						$x(0)$	0
3						$V_x(0)$	10
4						$y(0)$	0
5						$V_y(0)$	10
6							
7							
8							
9							
10	t	x	$V_x$	$A_x$	y	$V_y$	$A_y$
11		$0 = G2$	$= G3$	$= 1$	$= G4$	$= G5$	$= -9.8$
12	$= A11 + G\$1$	$= B11 + C11 * G\$1$	$= C11 + D11 * G\$1$	$= 1$	$= E11 + F11 * G\$1$	$= F11 + G11 * G\$1$	$= -9.8$



# 問題3

	A	B	C	D	E	F	G
1						$\Delta t$	0.010
2						$x(0)$	0.000
3						$V_x(0)$	10.000
4						$y(0)$	0.000
5						$V_y(0)$	10.000
6						K	1.000
7							
8							
9							
10	t	x	$V_x$	$A_x$	y	$V_y$	$A_y$
11		0.000 =G2	=G3	=-C11*G\$6	=G4	=G5	=-F11*G\$6-9.8
12	=A11+G\$1	=B11+C11*G\$1	=C11+D11*G\$1	=-C12*G\$6	=E11+F11*G\$1	=F11+G11*G\$1	=-F12*G\$6-9.8