

# 単位の換算 (unit conversion)

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J} \rightarrow \begin{cases} \frac{4.18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 1 \text{ (無次元)} \\ \frac{1 \text{ cal}}{4.18 \text{ J}} = 1 \text{ (無次元)} \end{cases}$$

$$100 \text{ cal} = 100 \text{ cal} \times 1 = 100 \cancel{\text{ cal}} \times \frac{4.18 \text{ J}}{\cancel{1 \text{ cal}}} = 100 \times 4.18 \text{ J} = 418 \text{ J}$$

$$100 \text{ J} = 100 \text{ J} \times 1 = 100 \cancel{\text{ J}} \times \frac{1 \text{ cal}}{4.18 \cancel{\text{ J}}} = \frac{100}{4.18} \text{ cal} = 23.9 \text{ cal}$$

(例題) km/時 → m/s もしくは m/s → km/時 の換算係数は？

# グラフ、単位、不確かさ、有効数字

- グラフ軸の3要素  
(物理量、単位、目盛)

## 基礎物理定数

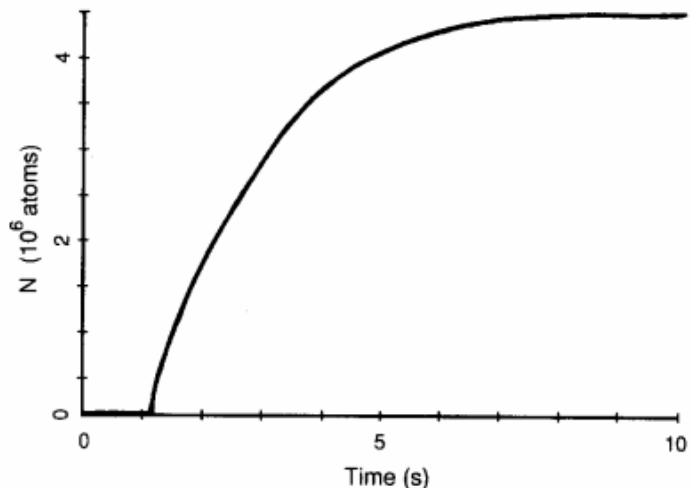
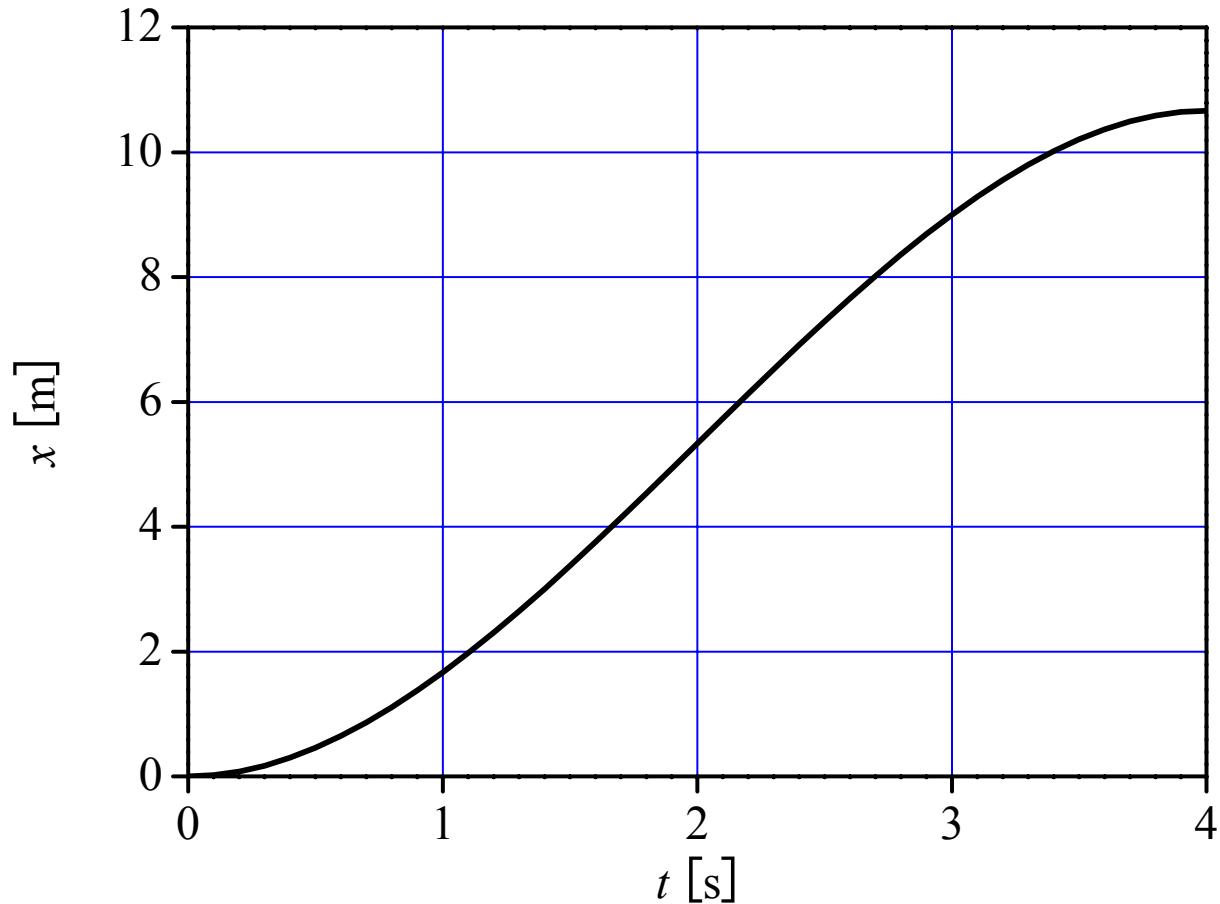


Fig. 7. Number of trapped atoms versus time after the trap is turned on at 1.2 s.

Table 1: Fundamental Physical Constants (1998 CODATA recommended values)

Speed of Light	$c$	$2.997\,924\,58 \times 10^8$ m/s (exact)
Permeability of Vacuum	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}$ N/A <sup>2</sup> (exact)
Permittivity of Vacuum	$\epsilon_0$	$(\mu_0 c^2)^{-1}$ (exact) $= 8.854\,187\,817 \dots \times 10^{-12}$ F/m
Planck's Constant	$h$	$6.626\,068\,76(52) \times 10^{-34}$ J·s $4.135\,667\,27(16) \times 10^{-15}$ eV·s
	$\hbar$	$1.054\,571\,596(82) \times 10^{-34}$ J·s $6.582\,118\,89(26) \times 10^{-16}$ eV·s
Elementary Charge	$e$	$1.602\,176\,462(63) \times 10^{-19}$ C
Bohr Magneton	$\mu_B$	$9.274\,008\,99(37) \times 10^{-24}$ J/T $h \cdot 1.399\,624\,624(56)$ MHz/G
Atomic Mass Unit	$u$	$1.660\,538\,73(13) \times 10^{-27}$ kg
Electron Mass	$m_e$	$5.485\,799\,110(12) \times 10^{-4}$ u $9.109\,381\,88(72) \times 10^{-31}$ kg
Bohr Radius	$a_0$	$0.529\,177\,208\,3(19) \times 10^{-10}$ m
Boltzmann's Constant	$k_B$	$1.380\,650\,3(24) \times 10^{-23}$ J/K

# x-tグラフより速度と加速度を求める



# ファイマン物理学I 力学 8章 運動

(中略)

さて、我々の話は軌道に乗ったようである。話はこうである。車の女の人が  $\frac{1}{1000}$  時間走りつづければ、60 マイルの  $\frac{1}{1000}$  だけ進むはずである。いいかえれば1時間走りつづけるということはいらない；問題は、ある瞬間にこのスピードで走っていたというのは、何のことかということなのである。これの意味は、彼女が時間的にもうちょっと走ったら、その間に走る距離は、1時間に60マイルの一定のスピードで走る車の距離と同じであるということである。

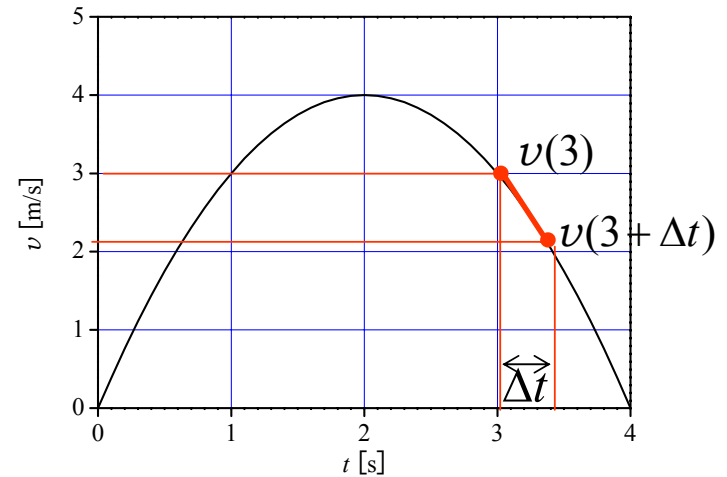
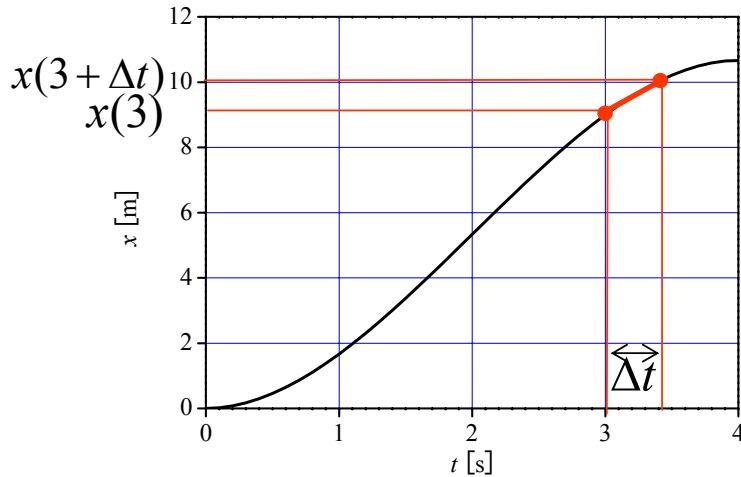
(中略)

上の定義の中には、一般的の形でギリシャ人にはなかった新しい考えが入っている。それは微小な距離とそれに対応する微小な時間を考えてその比をつくり、時間を短く短く短くしたら、この比がどうなるかを見るということである。いいかえれば、進んだ距離をそれに要した時間で割って、時間が無限に短く短くなったときの極限を求めるのである。この考えは、ニュートンとライプニッツとによって独立に出されたものであって、微分学という数学の新分野のはじまりである。微分学は運動を記述するために発明されたものであって、その第一の応用は、“時速60マイル”で走るというのはどういう意味かということ定義する問題であった。

……女の人の運転する自動車は白バイにつかまった。巡査が彼女のところへやってきて、こう言う。「奥さんは時速六〇マイルで走っていましたね！」彼女は言う。「そんなはずはありませんよ。まだ七分間しか走っていないのですよ。おかしいですね——まだ一時間も走らないのに一時間六〇マイル走れるはずはないじゃありませんか？」もしも諸君が警官だったら何と答えるか？……我々はこう言う。「奥さん、我々が言うのはこういう意味なのです。あなたがいままでどおりに走りつづけていたら、次の一時間に六〇マイル行くだろうということなのです。」彼女は言う。「さあ、私はアクセルを踏んでいませんでした。車のスピードはだんだん落ちていました。ですからいままでどおりに走りつづけても、六〇マイル行くはずはありません。」……さっきの女の人はこうも言える。「いままでどおりに一時間走ったら、街のつきあたりの塀にぶつかってしまいますよ！」我々が意味するところを説明するのは、そんなにやさしいことではないのである。

『ファイマン物理学I 力学』坪井忠二訳より

# 微分を用いた速度と加速度の定義 (直線上の運動の場合)



$$v(3) \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(3 + \Delta t) - x(3)}{\Delta t} \equiv \left. \frac{dx}{dt} \right|_{t=3}$$

$$a(3) \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(3 + \Delta t) - v(3)}{\Delta t} \equiv \left. \frac{dv}{dt} \right|_{t=3}$$

一般に

$$v(t) = \frac{dx}{dt} (\equiv \dot{x})$$

一般に

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} (\equiv \ddot{x})$$

# 加速度の比較

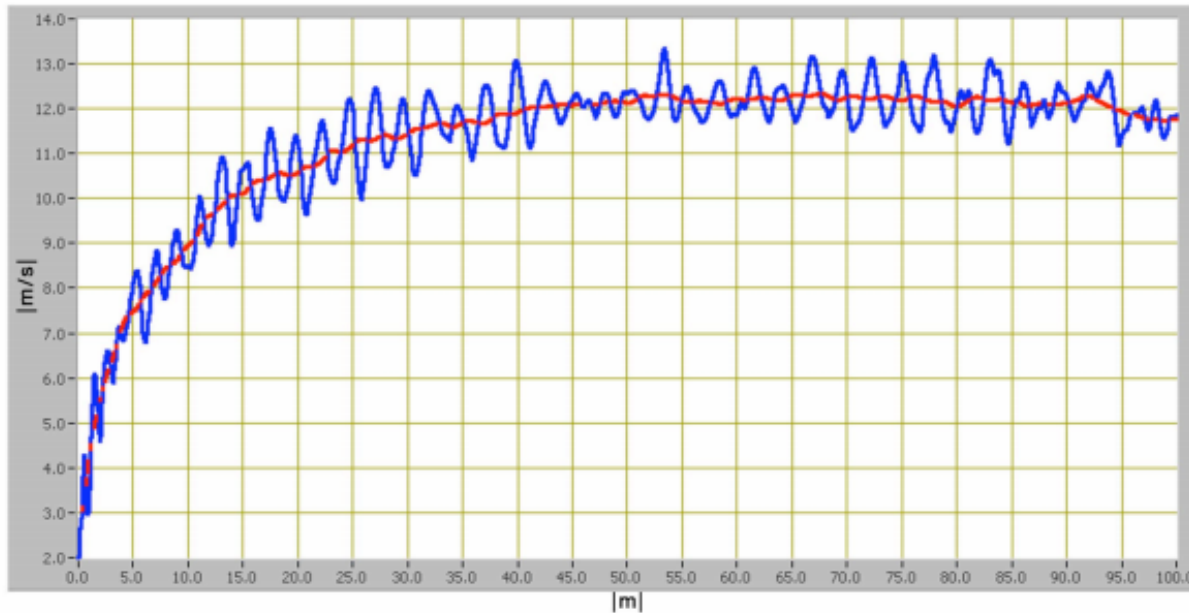
- $0.006 \text{ m/s}^2$  人に感じられる最小の揺れ
- $0.7 \text{ m/s}^2$  新幹線N700系
- $1.6 \text{ m/s}^2$  月面の重力加速度
- $4 \sim 5 \text{ m/s}^2$  人間(100m走のスタート時)の加速度
- $9.8 \text{ m/s}^2 = 1\text{G}$  地球球上の重力加速度(平均値)
- $3 \sim 6\text{G}$  ロールコースターの最高加速度
- $10\text{G}$  戦闘機における加速度限界
- $46.2\text{G}$  人間が耐えることのできた加速度限界
- $116000\text{G}$  シリウスB(白色矮星)の重力加速度

# 人間の最高加速度は？

Biomechanical analysis

12th IAAF World Championships in Athletics • Berlin, 15.-23.08.2009

100m men final: Usain BOLT (JAM) 9,58s - WR



Race distribution: LAVEG measurement curve (blue) and average speed (red)

## Split times [s]

	Reaction time	t10	t20	t30	t40	t50	t60	t70	t80	t90	t100
Bolt	0,146	1,89	2,88	3,78	4,64	5,47	6,29	7,10	7,92	8,75	9,58
Powell	0,134	1,87	2,90	3,82	4,70	5,55	6,39	7,23	8,08	8,94	9,84

<http://berlin.iaaf.org/news/kind=101/newsid=53084.html>