物理学基礎 I（医・医）　第２回

川﨑猛史

名古屋大学理学部物理学科

Last update：April 22, 2021

第 2 回講義資料目次

第 2 回講義資料目次

1. 講義のスケジュール

講義資料は各講義予定日前日にアップロードする．

1. 4/16：第 1 回
2. **4/23：第 2 回 (第 1・2 回課題公開)**
3. 4/30：第 3 回 (**第 1・2 回課題提出期限**)
4. 5/07：第 4 回 (第 3・4 回課題公開)
5. 5/14：第 5 回 (**第 3・4 回課題提出期限**)
6. 5/21：第 6 回 (第 5・6 回課題公開)
7. 5/28：第 7 回 (**第 5・6 回課題提出期限**)
8. 6/04：第 8 回 (第 7・8 回課題公開)
9. 6/11：名大祭のため休講
10. 6/18：第 9 回 (**第 7・8 回課題提出期限**)
11. 6/25：第 10 回　(第 9・10 回課題公開)
12. 7/02：第 11 回 (**第 9・10 回課題提出期限**)
13. 7/09：第 12 回
14. 7/16：第 13 回 (第 11・12・13 回課題公開)
15. 7/17：補講（質問対応等）
16. 7/23：オリンピックのため休講　(**第 11・12・13 回課題提出期限**)
17. 8/6（予定）：　期末試験

第 2 回講義資料目次

2.1. 古典力学の歴史（復習）

1 運動を観察して各論的に法則が見出された．

- Tycho Brahe(1546-1601)：天体の観察

  →Johannes Kepler (1571-1630)：天体 3 法則
- Galileo Galilei(1564-1642)：地上での加速運動 (慣性の法則)

2 それらの運動を引き起こしている普遍的原因が見いだされた：力の発見

- Isaac Newton(1642-1727)：古典力学（運動 3 法則，万有引力）

→ 前回まで，質点の運動について各論的に扱った (主に $\boxed{1}$ の内容).

→ 今回以降，**Newton** の方法に倣い，各運動を普遍的に扱う ($\boxed{2}$ の内容).

2.2. 今回の内容

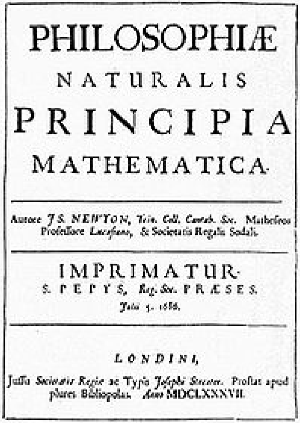
シラバス：赤字で記した部分を今回扱う．

- 導入：物理学とは．生命科学と物理学との関係．
- 質点の運動学：質点の位置，速度，加速度の関係，ならびに，これらの微分（積分）による表現方法を学ぶ。特に，自由落下，斜方投射，等速円運動などを具体的に扱う。
- 力の概念と「運動の３法則」（慣性の法則，運動方程式，作用・反作用の法則）を導入し，様々な運動を運動方程式を用いて普遍的に表現する．
- 質点の運動方程式の解法：運動方程式を様々なタイプの微分方程式に落とし込み，これらを具体的に解く。特に，減衰運動，単振動，減衰振動，強制振動などを扱う。
- エネルギーとその保存則：エネルギーと仕事の関係から，エネルギー保存則を導入する。
- 束縛力：抗力や摩擦力に関する具体的な問題を扱う。
- 質点系の運動：２つ以上の質点の運動と衝突から，運動量保存則を導入する。
- 相対運動と慣性力：座標変換と相対運動を扱い，慣性力を導入する。
- 質点系の回転運動：回転エネルギーと角運動量保存則を導入する。
- 剛体の静力学：力のモーメントの釣り合いについて扱う。
- 剛体の動力学：慣性モーメントを導入し，回転する剛体の運動を具体的に扱う。
- 授業の総括と期末試験 (試験範囲は，教科書 2 章と 3 章を目安とする．進度を鑑みて，7 月上旬に改めて提示する)

第 2 回講義資料目次

3　運動の法則

Isaac Newton は,「力」の概念を導入し，力と運動の関係を経験的事実から，3 つの法則にまとめた　[自然哲学の数学的諸原理（プリンキピア）(1687)].



PHILOSOPHIÆ

NATURALIS

PRINCIPIA

MATHEMATICA.

Autore J S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.

S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.

Julii 5. 1686.

LONDINI,

Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

図 **1**: Isaac Newton によって運動の 3 法則が纏められた『自然哲学の数学的原理』の表紙.

3.1. 力の定義とその扱い

力の定義とその扱い

- 物体が変形したり運動の状態が変化する要因．
- 力は，大きさと方向をもつベクトル量であり $\vec{F}$ や $\mathbf{F}$(太字) などと表記される．
- 力の合成：物体に複数の力が加わった際，それらのベクトル和を合力という．
- 力の分解：物体にかかる力を複数の力に分解することができる．分解したそれぞれの力を分力という．

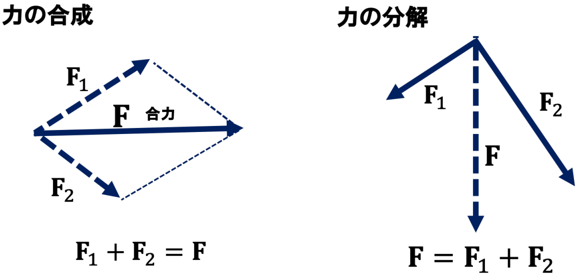


図 2: 力の合成と分解

3.2. 運動の第 1 法則（慣性の法則）

運動の第 1 法則（慣性の法則）

力を受けていない質点の運動を記述する経験則．全ての物体は，他から力が働かない限り，静止または等速直線運動を続ける．

- 力が働かなければ，運動の現状をそのまま保持しようとする物体の性質を「慣性」という．
- 第 1 法則が成り立つ系（主に静止座標系）を「慣性系」という[1]．逆に，第 1 法則が成り立たない系を「非慣性系」という[2]．

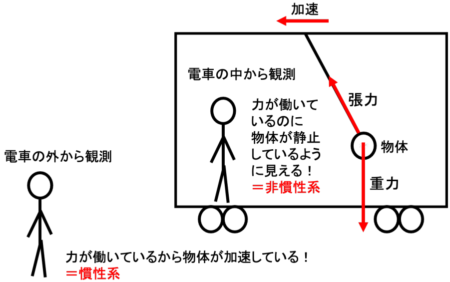


図 3: 慣性系と非慣性系：加速する電車の中にある物体を車内外から観測した際の見え方の違い．

3.3. 運動の第 2 法則（運動方程式）

運動の第 2 法則（運動方程式）

物体の運動に関する時間変化と物体に作用する力の関係を示す法則．　物体に一定の力が働く時，その物体の加速度は，力に比例し，物体の質量に反比例する．

- 第 2 法則は，物体の加速度ベクトルを $\mathbf{a}$，物体の質量を m，物体にかかる力ベクトルを $\mathbf{F}$ とすれば，$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$，すなわち

$$\boxed{\mathbf{F} = m\mathbf{a} = m\ddot{\mathbf{r}}} \tag{1}$$

と表される古典力学における最も重要な関係式を与える．この関係式を運動方程式とよぶ．

- 力の次元（単位）は $\mathrm{kg\ m/s^2}$．これを纏めて，N（Newton）と表す．
- m は慣性質量とも呼ばれる．慣性質量が大きいほど，力を受けたときに，相対的に加速度が小さくなり，運動状態が変化しにくくなる [3]．
- 一般的に $\mathbf{F}$ は，n 個の力ベクトル和（合力），

$$\boxed{\mathbf{F} = \sum_{j=1}^{n} \mathbf{F}_j (= m\mathbf{a})} \tag{2}$$

である．慣性系における運動方程式は，$m\mathbf{a}$=「合力」となるように立てる．

[3] 車は急には止まれないことはその好例．

3.4. 運動の第 3 法則（作用・反作用の法則）

運動の第 3 法則（作用・反作用の法則）

物体 A が他の物体 B に対して力 $\mathbf{F}_{\mathrm{AB}}$ を及ぼしている時，物体 A は B から等しく反対方向を向いた力 $\mathbf{F}_{\mathrm{BA}}$ を受ける．

- $\mathbf{F}_{\mathrm{AB}}$ と $\mathbf{F}_{\mathrm{BA}}$ の関係を作用・反作用と呼び，これらの間には，

$$\boxed{\mathbf{F}_{\mathrm{AB}} = -\mathbf{F}_{\mathrm{BA}}} \tag{3}$$

  が成立する．

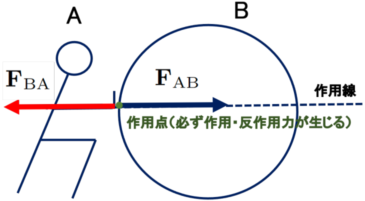


図 4: 2 つの物体 A と B が接触等で作用する際，作用・反作用の力がそれぞれ生じる．ここでの接触点を作用点とよぶ．物体 A には $\mathbf{F}_{\mathrm{BA}}$，物体 B には $\mathbf{F}_{\mathrm{AB}}$ の力が掛かる．これらの大きさは等しく，互いに反対方向を向いている．なおこの様な作用・反作用則は，万有引力や原子・分子間相互作用などの遠隔力に対しても適用可能．

第 2 回講義資料目次

4. 物体に働く様々な力：力学的構成則 —— 4.1. 重力

ここでは，古典力学でよく扱われるいくつかの基本的な力（力学的構成則）について紹介する．

重力: 質点とみなせる物体の質量を m，重力加速度ベクトルを $\mathbf{g}$ とすれば，地上では重力 $\boxed{\mathbf{W} = m\mathbf{g}}$ が物体に対して鉛直方向に掛かる (図 5)．重力の起源は物体と地球との間の万有引力である．

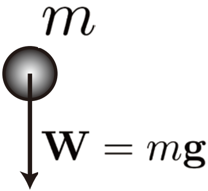


図 5: 質量 m の物体に働く重力 $\mathbf{W}$．

4.2. 垂直抗力 (拘束力)

垂直抗力 (拘束力): 面上に物体が接触して乗っている時，面から物体に働く力を垂直抗力とよぶ．例えば，図 **6A** の様に台の上に物体が乗っており，台が静止している場合を考える．この時，物体の加速度は零ベクトルとなるので，物体の運動方程式は，

$$\boxed{m\mathbf{a} = \mathbf{0} = \mathbf{N} + \mathbf{W}} \tag{4}$$

となる．これより垂直抗力 $\mathbf{N}$ は重力 $\mathbf{W}$ と釣り合い，$\boxed{\mathbf{N} = -\mathbf{W} = -m\mathbf{g}}$ が得られる．

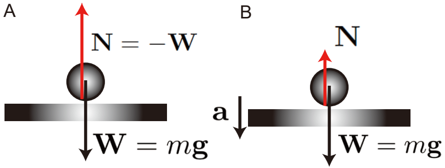


図 **6**: (A) 台が静止している時の垂直抗力は，重力と釣り合う．(B) 台が加速度 $\mathbf{a}$ で運動しているときの垂直抗力は $\mathbf{a}$ に依存する．

4.2. 垂直抗力 (拘束力) (2)

次に，図 **6B** の様に，台を加速度 $\mathbf{a}$ で加速させる場合を考える．台が物体を拘束している（接触している）際，物体の加速度も $\mathbf{a}$ であるので物体の運動方程式は，

$$\boxed{m\mathbf{a} = \mathbf{N} + \mathbf{W} = \mathbf{N} + m\mathbf{g}} \tag{5}$$

となる．従って，垂直抗力は $\boxed{\mathbf{N} = m(\mathbf{a} - \mathbf{g})}$ となる．これより，台の加速度を $\mathbf{a} = \mathbf{g}$ の様に与えれば，垂直抗力がなくなり，物体と台の間の拘束がはずれる．

4.3. 粘性抵抗力（Stokes の法則）

Stokes の法則: 気体や液体中を物体が速度 $\mathbf{v}$ でゆっくりと移動する際，物体は，速度に逆らう方向に力 $\boxed{-\xi\mathbf{v}}$ を受けるという力学的構成則．このような力を粘性抵抗力という．

またξを抵抗係数という（教科書では $\xi = m\gamma$ としている．γ は単位質量あたりの抵抗係数）．これらの運動は減衰運動を示すが，具体的には例題や課題を通して後で扱う．

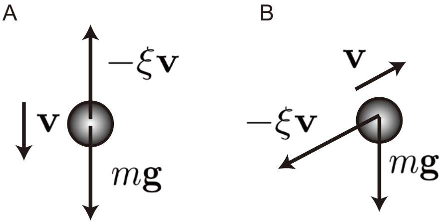


図 7: (A) 重力に対して平行方向に速度 $\mathbf{v}$ で移動する物体，(B) 重力とは異なる方向を向く速度 $\mathbf{v}$ をもつ物体が受ける粘性抵抗力と重力の関係．

4.4. 弾性力（Hooke の法則）

Hooke の法則: 物体を微小変形させた際に，変形長に比例した力が掛かるという力学的構成則. この様な力を弾性力という．最も簡単な例は「ばね」である．ばねは一見大きく変形しているように見えるが金属線そのものは伸び率は小さいため弾性力を示す．

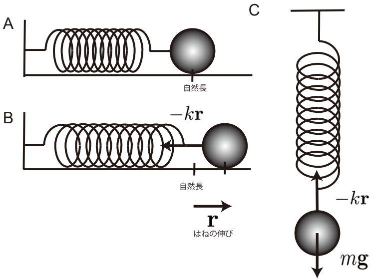


図 8: (A) 重力に対して水平方向におかれた自然長のばねと物体．(B)(A) から $\mathbf{r}$ 引きの伸ばされたばねと物体．弾性力 $-k\mathbf{r}$ が物体に働く．ばねが $\mathbf{r}$ 縮んだ場合も弾性力は同様に $-k\mathbf{r}$．(C) 天井から吊り下げされたばねと物体．

4.4. 弾性力（Hooke の法則） (2)

自然長のばね (図 **8A**) を，$\mathbf{r}$ だけ変形させる（伸ばす or 縮ませる）と，物体には弾性力 $\boxed{-k\mathbf{r}}$ が掛かる (図 **8B**)．ここでの k は，ばね定数（弾性定数）という．k が大きいばね程，硬く伸び（縮み）にくい性質がある．これらの運動は単振動を示すが，具体的には第 3 回講義で扱う．

第 2 回講義資料目次

5 運動と微分方程式

運動と微分方程式（参照：教科書 p47 〜)

運動方程式を解くことにより，物体の位置の時間発展 $(\mathbf{r}(t))$ が得られる．一方，運動方程式は位置に対する時間に関する二階導関数 $\ddot{\mathbf{r}}(t)$ を含む方程式である．この様に，導関数を含む方程式を微分方程式という．　以下，いくつかの運動の例を通して，運動方程式 (微分方程式) を解き，粒子運動の詳細を明らかにする．

5.1. 準備：微分方程式の次数・線形性

用語の導入

$x(t)$ を変数，m, ξ, k, g はそれぞれ定数とする．

- n 階微分方程式：n 階導関数を含む微分方程式．（但し n が最大.）
- 同次式：次数の等しい変数から構成される．
  例えば，$m\ddot{x}(t) = -\xi\dot{x}(t) - kx(t)$
- 非同次式：次数の異なる変数から構成される．
  例えば，$m\ddot{x}(t) = -\xi\dot{x}(t) - kx(t) + mg$
- 線形: 変数に関する 1 次式．
  例えば，$m\ddot{x}(t) = -\xi\dot{x}(t) - kx(t) + mg$ は $x(t)$ の 1 次式であるので線形．
- 非線形: 変数に関する 1 次式以外． 例えば，$x(t)\ddot{x}(t) = 0$ は，$x(t)$ の二次式であるので非線形．

補足：　$\ddot{x}(t)$ やら $\dot{x}(t)$ の項が，なにゆえ共に $x(t)$ の「1 次式」であるのか？ 以下この理由を考えよう．微分の定義に立ち返ると，$\dot{x}(t)$ は，

$$\dot{x}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$

5.1. 準備：微分方程式の次数・線形性 (2)

である．この式は，x の 1 次式を Δt の 1 次式で割り算しているという形を取る．一方，$\ddot{x}(t)$ は，

$$\ddot{x}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t+\Delta t) - 2x(\Delta t) + x(t-\Delta t)}{(\Delta t)^2}$$

x の 1 次式を Δt の 2 次式で割り算しているという形を取る．つまり，x に関してはいずれも 1 次式である．従って，

$$m\ddot{x}(t) + \xi\dot{x}(t) + kx(t) = 0$$

の様な方程式は，x に関する「1 次式」からなるので（x に関する）「線形」微分方程式と分類される．また，線形の中でも，特に定数項 (x の 0 次式) を含まないものは，「同次」方程式と分類される．定数項を含む場合は「非同次」となる．
一方，

$$\dot{x}(t)x(t) = 0$$

の様な方程式は，左辺が x に関する 2 次式となっているので，（x に関する）「非線形」方程式と分類される．

5.2. 自由落下

以下，具体的に粒子の運動方程式を微分方程式として解いていく．

(1) 自由落下

前回からの再出となるが，重力の作用のみを受け自由落下する質量 m の物体の運動を，運動方程式（微分方程式）を解くことにより考察しよう．

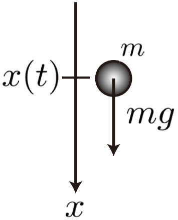


図 **9**: 自由落下運動の設定図．

5.2. 自由落下 (2)

図 **9** のように，鉛直下向きに x 軸を取り，時刻 t における位置を $x(t)$ とする．質点は x 方向に 1 次元運動するので，質点の位置と質点にかかる重力は，それぞれベクトル表記すれば

$$\mathbf{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \tag{6}$$

$$m\mathbf{g} = \begin{pmatrix} mg \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \tag{7}$$

となる．いま，物体の運動方程式は

$$\boxed{m\ddot{\mathbf{r}} = m\mathbf{g}} \tag{8}$$

である．ここでは，ベクトルの x 成分のみに注目すればよく，解くべき運動方程式は，

$$\boxed{m\ddot{x}(t) = mg} \tag{9}$$

5.2. 自由落下 (3)

となる．この微分方程式は，線形非同次二階微分方程式であり，二回時間積分を行うことにより，解

$$\boxed{x(t) = \frac{1}{2}gt^2 + C_1 t + C_2} \tag{10}$$

を求めることができる．ここで C_1，C_2 はそれぞれ積分定数である．このように積分定数を含んだ解は，前回も導入した通り一般解と呼ばれる．積分定数を決定する為には，それらと同数の初期条件（境界条件）を与える必要がある．例えば，初期条件を $x(0) = 0$, $v(0) = 0$ と与えよう．すると，解は，

$$\boxed{x(t) = \frac{1}{2}gt^2} \tag{11}$$

となる．この様に，初期条件を考慮して得られた解を特殊解と呼ぶことも前回扱った．特殊解は無数にある一般解の中の 1 つである．

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動

(2) 抵抗を受ける物体の運動（教科書 p50 例題 3）

風のない大気中を質量 m の質点とみなせる雨粒が，速さに比例する粘性抵抗力 $-\xi\mathbf{v}(t)$ を受けて鉛直落下する際の運動を考える．座標は，図 **10** の様に取ることにする．

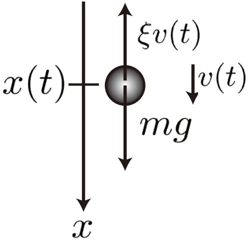


図 **10**: 粘性抵抗を受ける物体の運動の設定図．

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動 (2)

いま，雨粒に掛かる合力は $m\mathbf{g} - \xi\mathbf{v}(t)$ であるので，その運動方程式は，

$$\boxed{m\mathbf{a} = m\mathbf{g} - \xi\mathbf{v}(t) = \begin{pmatrix} mg - \xi v(t) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}} \tag{12}$$

である．従って，雨粒の運動方程式は，ベクトルの x 成分のみを考えればよく，

$$\boxed{m\ddot{x}(t) = mg - \xi v(t)} \tag{13}$$

となる．いま，$\ddot{x}(t) = \dot{v}(t)$ であることから，運動方程式は

$$\boxed{m\dot{v}(t) = mg - \xi v(t)} \tag{14}$$

となり，$v(t)$ に関する**非同次線形 1 階微分方程式**となる．変数変換 $u(t) = v(t) - \frac{mg}{\xi}$ を施せば，上の方程式は，$u(t)$ に関する**同次線形 1 階微分方程式**

$$\boxed{m\dot{u}(t) = -\xi u(t)} \tag{15}$$

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動 (3)

となる．この手の同次線形微分方程式は変数分離法により解くことが出来る．
いま，式 (15) をライプニッツ記法で書くと

$$\boxed{m\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t} = -\xi u(t)} \tag{16}$$

である．ここで，両辺を $u(t)$ で割り，t で積分すると

$$m\int \frac{1}{u(t)}\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}\mathrm{d}t = -\xi\int \mathrm{d}t \tag{17}$$

となる．$\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}\mathrm{d}t = \mathrm{d}u(t)$ であることから，上式は

$$m\int \frac{\mathrm{d}u(t)}{u(t)} = -\xi\int \mathrm{d}t \tag{18}$$

となり，左辺は変数 u の積分，右辺は t の積分として，変数分離することができる．これは，直ちに計算できて，

$$m\log|u(t)| = -\xi t + C_1 \tag{19}$$

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動 (4)

となる．ここで，$\log$ は自然対数，C_1 は積分定数である．これを整理すると，

$$u(t) = A_1 e^{-\frac{\xi}{m}t} \tag{20}$$

が得られる．ここで A_1 は C_1 から生じた定数である．よって，一般解 $v(t)$ は

$$\boxed{v(t) = \frac{mg}{\xi} + A_1 e^{-\frac{\xi}{m}t}} \tag{21}$$

となる．今，積分定数を定める為に，初期条件を $v(0) = 0$ と与えれば，

$$0 = \frac{mg}{\xi} + A_1 \tag{22}$$

となり，

$$A_1 = -\frac{mg}{\xi} \tag{23}$$

が得られる．よって上記の初期条件のもとでの特殊解は，

$$\boxed{v(t) = \frac{mg}{\xi}(1 - e^{-\frac{\xi}{m}t})} \tag{24}$$

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動 (5)

となる．ここで，$\frac{m}{\xi}$ は時間の次元（単位）をもち，緩和時間や時定数などと呼ばれる．特に，緩和時間（時定数）より十分時間が経てば，速度は，

$$\boxed{v(\infty) = \frac{mg}{\xi}} \tag{25}$$

に収束することが分かる．この様な速度を終端速度という．また，終端速度は運動方程式の加速度を 0 と置いた時の解としても求められる．なお，雨粒は地上に到達する時，大概この終端速度に達している．直径 5mm 程度の雨粒の場合，終端速度は時速 30km 程度である（意外と遅い）．
最後に，雨粒の位置を求める．式 (24) を時間積分すると，位置

$$\boxed{x(t) = \frac{mg}{\xi}\left(t + \frac{m}{\xi}e^{-\frac{\xi}{m}t}\right) + C_2} \tag{26}$$

が得られる．ここで初期条件 $x(0) = 0$ を与えれば，$C_2 = -\frac{m^2 g}{\xi^2}$ から，位置の特殊解は

$$\boxed{x(t) = \frac{mg}{\xi}\left\{t - \frac{m}{\xi}(1 - e^{-\frac{\xi}{m}t})\right\}} \tag{27}$$

となる．

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動 (6)

練習問題

式 (24) や式 (27) の振る舞いを時刻 t に対して図示してみよ．
（ヒント）短時間領域と長時間領域の漸近挙動（極限的挙動）が以下の様に分かるので，それらを滑らかに結べば概形が分かる．

- 短時間：速度=0，すなわち，抵抗力=0．単なる自由落下と同等．
- 長時間：加速度=0，すなわち，終端速度での等速直線運動．

（解答）ここでは，各式の「短時間領域」と「長時間領域」の漸近挙動からの外挿により全時間領域における振る舞いをつかむ．

- 短時間領域：速度 $v(t) \sim 0$，すなわち，抵抗力 $\xi v(t) \sim 0$ であり，自由落下運動と同等であるので，

$$v(t) \sim gt$$

$$x(t) \sim \frac{gt^2}{2}$$

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動 (7)

- 長時間領域：時定数 m/ξ より十分時間が経てば，$e^{-\frac{\xi}{m}t} \to 0$ となるので，

$$v(t) \sim \frac{mg}{\xi}$$

$$x(t) \sim \frac{mg}{\xi}t - \frac{m^2 g}{\xi^2}$$

と評価可能である．つまり，終端速度 ($v = \frac{mg}{\xi}$) での等速直線運動となる．これらの漸近挙動から，当該曲線の概形図を描くと図 **11** の様になる．

5.3. 粘性抵抗を受ける物体の運動 (8)

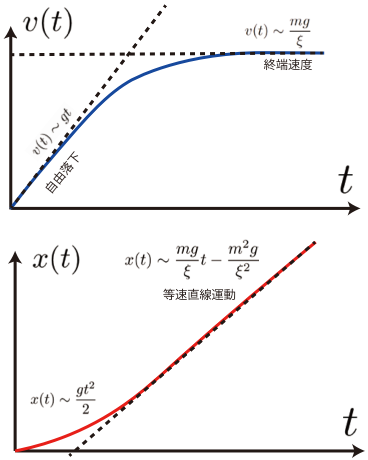


図 **11**: 式 (24) と式 (27) における時間発展の概形図.

第 2 回講義資料目次

6.1. 第２回の内容のまとめ

1. 運動の三法則
   - 慣性の法則
   - 運動方程式
   - 作用・反作用則

   を導入した．
2. 重力，垂直抗力，粘性抵抗力，弾性力を導入した．
3. 自由落下，抵抗を受ける落下運動を運動方程式（微分方程式）を用いて具体的に解いた．
   - 二階微分方程式は，二回積分することにより解（ここでは位置）が求まる．その際，積分定数が二つ現れる．
   - 同次線形微分方程式は変数分離が有効．

次回：　弾性力が働く物体の運動（単振動）を扱う．　また数学的準備として，マクローリン展開・テイラー展開法，オイラーの公式を扱う．

6.2. 第１・２回レポート課題について

当科目 NUCT 内「課題」欄に、「第１・２回レポート課題」を用意しました．その中に，問題兼解答用紙をアップしましたので，各自印刷し，所定欄に解答の上，電子化した解答（スキャン or デジタル写真：ファイル形式は pdf（推奨））を同ページ所定欄に添付してください．なお，解答用紙の印刷が諸事情により難しい場合は，通常のレポート用紙に解答してもよいこととします．採点結果は，NUCT を通して各人へお知らせします．添付ファイルは一つにまとめていることが望ましいですが、複数でもかまいません。次のページに NUCT のスクリーンショットを貼ったので参考にしてください．

6.2. 第 1・2 回レポート課題について (2)

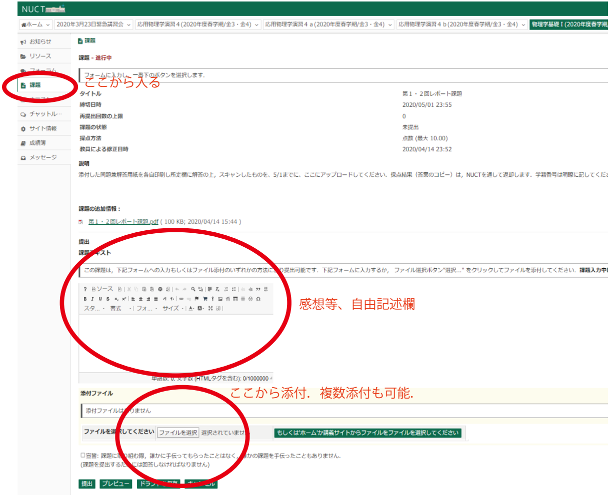


図 12: NUCT 上における課題の提出箇所