

## 力学Ⅱ : 講義ノート目次

### 1. 角運動量 [教科書 9 章]

1.1 外積 (ベクトル積) – 数学的準備 – [教科書 p.30]

1.2 力のモーメント [教科書 p.131]

1.3 角運動量 [教科書 p.132]

1.4 回転の運動方程式 [教科書 p.133]

1.5 中心力の下での角運動量の保存 [教科書 p.134]

[例題] 初期状態と終状態が円運動の場合の角運動量の保存則 [教科書 p.134 例題 1(1)+ ]

[例] フィギュア スケーターのスピン アップ [教科書 p.135 問 3] …… 質点系での角運動量保存 (後述)

[補足] 力のモーメントと角運動量の基準点依存性  $\Leftrightarrow$  基準点に依らない「偶力」と「自転の角運動量」(後述)

[補足] 大きさのある物体の行う運動の 2 形態としての「並進」と「回転」 $\Leftrightarrow$  1.4 で言う「回転」

### 2. ケプラー運動 [教科書 10 章]

2.1 万有引力 (重力) [教科書 p.139]

2.2 ケプラーの法則 [教科書 p.141]

2.3 極座標表示での楕円の方程式

2.4 ケプラー運動

2.5 保存量 (エネルギー  $E$ , 角運動量  $L$ ) と軌道の形状 (長半径  $r_0$ , 離心率  $e$ ) の関係

2.6 ケプラーの第 3 法則 楕円運動の周期 [教科書 p.142]

2.7 放物線軌道・双曲線軌道

[例題] 天体の質量の決定 : (1) 地球 (2) 太陽 (3) 銀河 [教科書 p.143]

2.8 万有引力による位置エネルギー [教科書 p.145]

詳しくは、講義「ベクトル解析」で線積分を学んだ後で、ノートの項目番号 6 で述べる

### 3. 質点系 [教科書 11 章]

3.1 質点系とは ・質点とは・剛体とは・連続体とは [教科書 p.150]

3.2 質点系の運動方程式 [教科書 p.154]

内力と外力、作用・反作用の法則

質点系の全運動量の時間変化率が全外力のベクトル和に等しいという方程式 ……  $\dot{P} = (\text{外力の和})$

外力の和が零である場合 (例えば外力が働かない場合) の全運動量の保存 ……  $\dot{P} = 0$

[例題] ベルトコンベヤーを支えるのに必要な力の水平方向の成分を求める問題

[例題] ロープを一定速度で引き上げるのに必要な力を求める問題

[例題] 鉛直に上昇するロケットの運動方程式

3.3 重心の運動方程式 「 $M\ddot{R} = (\text{外力の和})$ 」は「 $\dot{P} = (\text{外力の和})$ 」の別表現 [教科書 p.154]

重心とは: 2 質点系の重心、3 質点系の重心、連続体の重心 (重心の表式の積分形) [教科書 p.151]

重心の運動は外力で決まる。内力は重心の運動に全く影響を及ぼさない。

[例題] 舟の上を人が歩く場合に、その反動で舟が後退する距離 [教科書 p.159, 演習問題 11-B-2]

[例題] 斜面を物体が滑り降りる際に、その反動で斜面が後退する距離

3.4 2 体問題の 1 体問題への帰着 [教科書 p.157] 換算質量

[例題] 紐でつながれた 2 質点の円運動

3.5 [補足] 運動エネルギーの重心運動と重心の周りの運動への分解, [例] 2 質点の場合

- 3.6 [補足] 角運動量の重心運動と重心の周りの運動への分解, [例] 惑星の自転と公転
- 3.7 質点系の全角運動量の時間変化率が全外力のモーメントに等しいこと  $\dots \dot{L} = (\text{外力のモーメントの和})$   
後者が零なら系の全角運動量は保存される.  $\dots \dot{L} = 0$

[例] 地球と月からなる系の全角運動量の保存

[例] 原子の中の電子の系の全角運動量の保存

#### 4. 剛体 [教科書 11 ~ 14 章]

##### 4.1 剛体の静力学 (力のつりあい条件)

###### 4.1.1 剛体の持つ力学的自由度の個数

###### 4.1.2 剛体に働く力のつりあい [教科書 14 章]

[例題] 3脚テーブルの各脚にかかる荷重を求める問題

###### 4.1.3 剛体に働く力の合成 作図での求め方, 偶力

剛体に働く重力の合成, 垂直抗力および摩擦力の合成, [例] 物体の転倒

##### 4.2 剛体の動力学 (運動の変化率と力の関係)

###### 4.2.1 角速度と角加速度 [教科書 p.160]

[補足] 加速度の接線成分  $a_t$  と法線成分  $a_n$

###### 4.2.2 慣性モーメント 慣性モーメントの積分計算例, 平行軸の定理 [教科書 p.162]

###### 4.2.3 固定軸を持つ剛体の運動 [教科書 p.165]

運動を決定する方程式, 並進運動と回転運動の類似性, 剛体 (実体) 振り子, 激力による運動状態の変化

[補足] 並進運動と回転運動の相違点 [例] 猫の宙返り・台湾リスの宙返り

###### 4.2.4 固定軸を持たない剛体の運動 [教科書 p.172]

角運動量と力のモーメントの基準点を重心にとることの利点および正当性

[例題] 車の前輪・後輪にかかる力 [教科書 p.174]

###### 4.2.5 転がり運動 斜面を滑らずに転がる球の運動 [教科書 p.175]

[補足] 転がり摩擦

###### 4.2.6 歳差運動 3次元的な回転運動 [教科書 p.180]

#### 5. 運動する座標系での運動方程式

##### 5.1 慣性系とガリレイ変換 ガリレイの相対性原理 [教科書 p.189]

[補足] 2体散乱の重心系および実験室系での記述

##### 5.2 加速度系と慣性力 回転していない座標系の場合 [教科書 p.191]

[例] 車内の単振り子・ばね振り子・風船

##### 5.3 一様回転する座標系 コリオリ力と遠心力 [教科書 p.193]

[例] 地球の自転による遠心力の大きさ 重力加速度  $g$  に繰り込まれる

[例題] 地球の自転によるコリオリ力の方向 東・西・南・北に移動する物体、鉛直に上昇・下降する物体に働く力

[例] コリオリ力と地球規模で吹く風の方向 [教科書 p.196]

[例題] 地球の自転によるコリオリ力の水平面内の運動への影響 球技、大気の動き

[補足] コリオリ力と遠心力の相補性

[補足] フーコーの振り子 ケプラー運動以降ご無沙汰の微分方程式にもう一度触れておきます. [教科書 p.196]

#### 6. 仕事とポテンシャルエネルギーの線積分による表現 力学 I (1 質点の力学) 完結編 [教科書 p.146]