

力と運動の法則

目次

1. 自然[宇宙]の階層性
2. 力の階層性
3. 重力の基本的性質
4. 力の伝わり方ー2つの考え方ー
5. ニュートンの運動の3法則

参考文献

自然[宇宙]の階層性

(われわれの)宇宙

|

銀河系

|

われわれの銀河

|

太陽

|

地球

|

巨視的物質、生物、人間

|

原子・分子

|

原子核

|

陽子・中性子

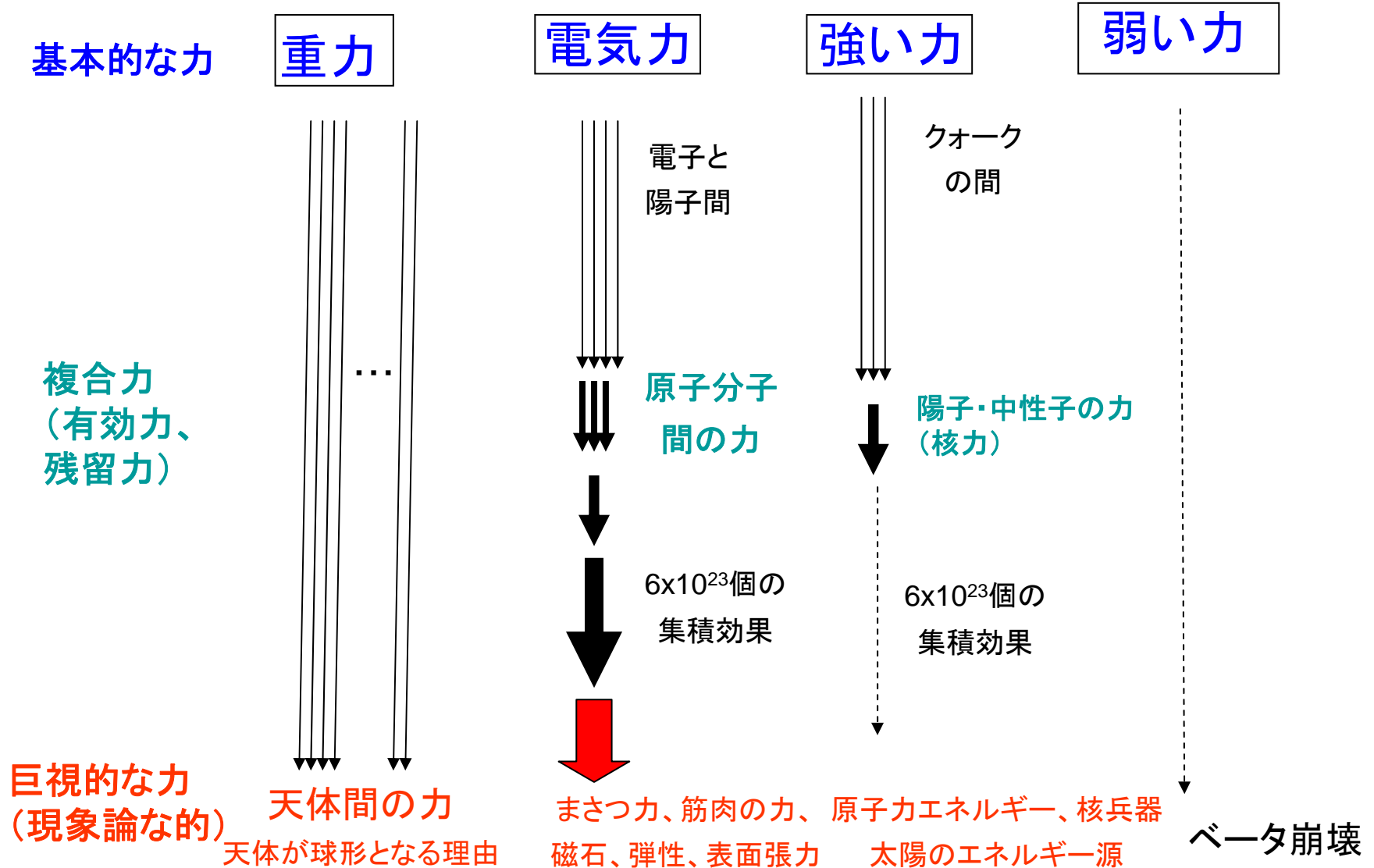
|

クォーク・レプトン

|

?

力の階層性



重力の基本的性質

1. 質量をもつすべての物体(粒子)の間に働く
2. 距離の逆自乗に反比例する長距離力;遠達性
3. 引力のみ(反発力はない)
4. 重力の影響をゼロにすることは出来ない:非遮蔽性
5. 質量の積に比例する;非線型性

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

(G=万有引力定数)

6. 重力の向きは二つの粒子を結ぶ線の向きに働く (中心力)

(\longleftrightarrow 非中心力: 小磁石間の力、分子間のファンデアワールス力は非中心力。核力にも非中心力としてテンソル力という重要な成分が知られている。)

重力の役割、影響

1. 宇宙レベルでの秩序の形成と運動に支配的な役割を果たしている。
2. 惑星としての地球
 - 1) 水素(水)分子を重力固内にひきつけ、決して散逸させないだけの引力を生じる質量を地球はもっている。
 - 2) 地球磁易をつくる重力エネルギー
 - 3) 氷河期の原因のひとつとしての地球自転軸の傾き(自転と公転の相互作用)
3. 地球表面付近における流体の対流運動(大気, 海水など)
生物生存に不可欠なエアコンとしての大気などの対流運動
4. 地球表面付近での物質の凝集機構(凝結, 凝固)
5. 生物
 - 1) 受精卵における胚の形成における重力の方向の利用
 - 2) 体の平衡をとるための重力方向の利用(前庭の耳石器)
 - 3) 筋肉・関節・皮膚の感覚への重力の影響
 - 4) 骨のカルシウム成分の調節
 - 5) 心臓の機能への重力の影響
 - 6) 動物, 植物の成長への影響
 - 7) 人類の直立歩行の代償としての, 痔、低血圧、腰痛

力の伝わり方ー2つの考え方ー

遠隔作用説(直達説): 直接に、無限大の速さで力が伝わる(と考える)
ニュートンなど(物質粒子が空虚な空間内で力を及ぼしあう)

近接作用説(媒達説): 力の作用が周囲の空間(=場)の変化を媒介として、
有限の速さで力が伝わる(と考える)
ファラディ、マックスウェルの電磁力など。
(力のおよぶ空間[=場]は空虚ではなく、物理的実在である。
力の伝播速度は光速である。)

ニュートンの運動の3法則

第1法則(慣性の法則)

物体は外部から力(作用)を受けない限り、その運動状態を維持する。
初め静止していたものは静止を続け、運動していたものは
その速度で等速直線運動を続ける。

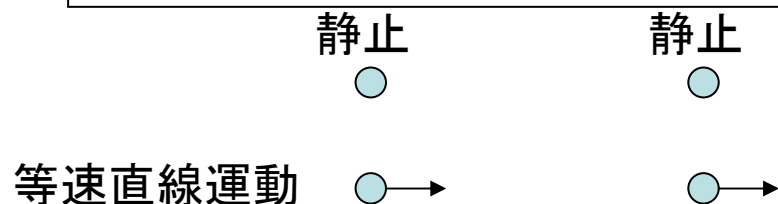
第2法則(運動法則または運動方程式)

物体に外部から力(作用)が働くと、物体は外力の向きに、その大きさに比例した
加速度を生じる。比例係数の逆数を質量と呼ぶ。

第3法則(作用・反作用の法則、または力・反力の法則)

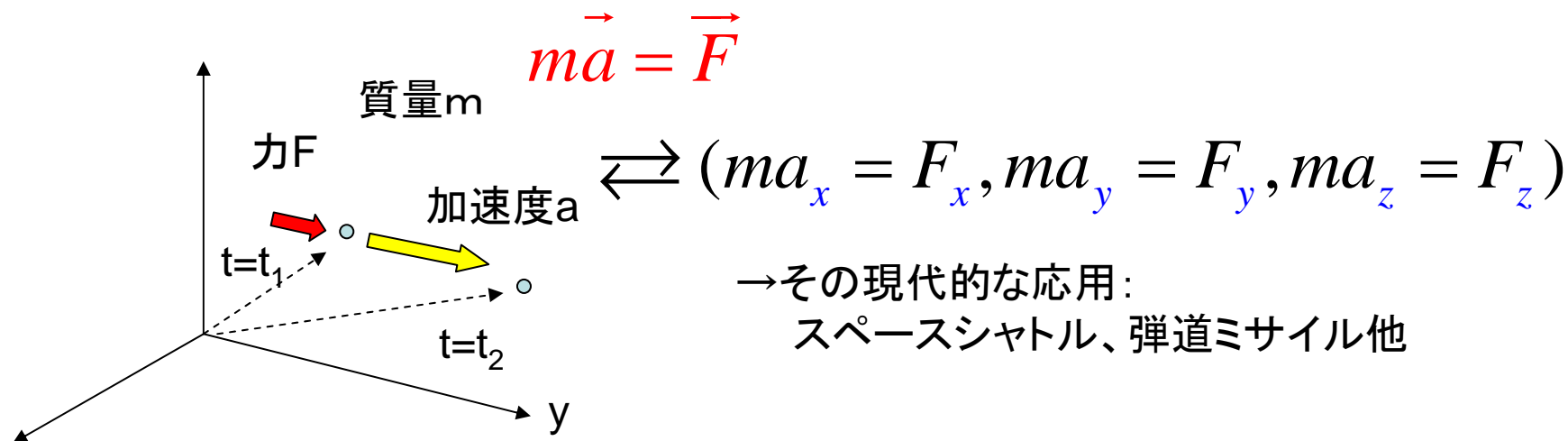
2つに物体がお互いに力(作用)を及ぼしあう場合、その大きさは等しく、
向きは逆向きである。

第1法則(慣性の法則)について



- (1) 外力がなくても、物体は運動が可能であること。
- (2) 静止と等速直線運動(等速度運動)を統一的にとらえたこと。
- (3) 前提として、空間は等質・無限であり、物体の運動にも、時間にも依存しないと考える。
- (4) 同じく、時間は始まりも終わりもなく等質・無限であると考え。
- (5) 第二法則(運動方程式)を考える際、慣性の法則が成立する座標系(=慣性座標系、または慣性系)を、地面を近似的な慣性系とみなすなど適当に(近似的に)想定し、その座標系から加速度、力を考える。
- (6) 地球は毎秒約30キロメートルの速度で太陽のまわりを公転しているので、知っていても知らなくても、私たちは毎日、慣性の法則を体験していることになる。
- (7) 第二法則で、外力 $F=0$ と置くと、加速度ゼロ、すなわち、静止または等速度になる。
- (8) 孤立した2粒子系は外力がなければ、作用反作用(内力)は相殺しなければならない

第2法則(運動方程式)について

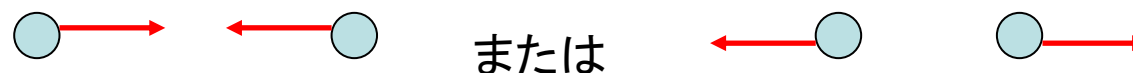


- (1) 任意の時刻において成立する。
- (2) 運動方程式はベクトル量の関係式であるので、種々の座標表示に対して成立する。
- (3) 同様に、特定の座標表示の場合、各成分ごとに成立する。
- (4) 2つ以上の力が働いていても成立する。

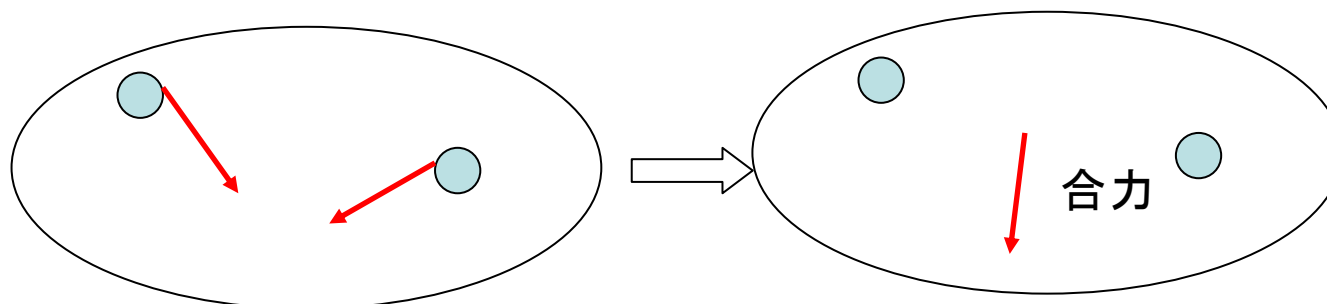
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 \equiv \vec{F}$$

- (4) 力は一定であっても、変位に比例して、距離の2乗に反比例しても、速度(またはその2乗)に比例していてもよい。

第3法則(作用反作用の法則)について



- (1) 任意の時刻において成立する。
- (2) 2つの物体は接触していても、離れていてもよい。
- (3) 2つの物体は静止していても運動していても成立する。
- (4) 3つ以上の物体(粒子)の集まりの場合、その中の2つの物体間で及ぼしあう力について成立する。
- (5) 孤立した2粒子系で、この第3法則が成立せず、2つの合力が発生し、特定の向きに自主的に運動し始めることになり、第1法則と矛盾することになる。



ニュートン力学の適用領域と限界

(現代の観点から見ると、
速度が光速よりもずっと遅く、
原子分子よりも小さな構造を見ない範囲で
重力が弱い場合、
自然界を記述する近似的理論であるが、
それ自体は矛盾や理論的な困難はない理論)

もっと知るための文献

- 1) アインシュタイン、インフェルト「物理学はいかにつくられたか(上、下)」、
岩波書店
- 2) 朝永振一郎「物理学とは何だろうか(上、下)」(岩波書店・岩波新書)
- 3) 高野義郎「物理学の再発見I, II」(講談社・ブルーバックス)
- 4) ファインマン「ファインマン物理学 I-力学-」(岩波書店) :
図書番号(420、F-5、1他)
- 5) バークレイ物理学コース「力学(上、下)」、丸善:図書番号(420, B-9,1-)
- 6) ベネディック、ビラース「医系の物理1-力学(上)-」、吉岡書店:図書番号
(420,B-11,1)