

宇宙視を楽しむ(その2)

宇宙はロマンとミステリーの泉

[E] 優しい宇宙論

皆の広場 素人の宇宙考⑦

* [2] 宇宙物理学の変遷

* Riv1 2024年8月22日
* 原作 2018年8月22日
* シ18 永野 徹

[2] 宇宙物理学の変遷

(1) はじめに

- * 1) 宇宙論のあゆみ
- * 2) 宇宙論変遷
- * 3) 物理学の適用区分
- * (2) 中世までの宇宙観
- * (3) 宇宙物理学の変遷
- * 1) 万有引力の法則
- * 2) 相対性理論
- * 3) 量子論
- * 4) 量子論の限界

徹永2

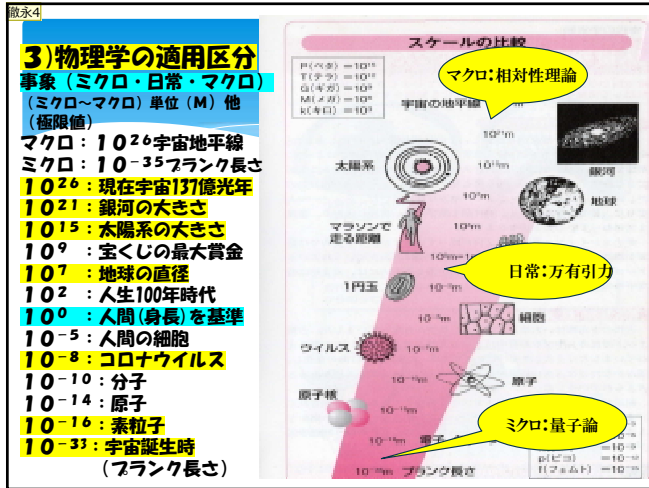
(1) はじめに

1) 宇宙論のあゆみ

- 1905年: 「特殊相対性理論」アインシュタイン
- 1916年: 「一般相対性理論」アインシュタイン、静止宇宙モデル
- * 1921年: 「光電効果(光量子仮説)」アインシュタイン・ノーベル賞
- * 1925年: ハッブルの宇宙膨張報告; ハッブル定数(50~100km/326万光年)
- * 1946年: ジョージガモフ「 $\alpha\beta\gamma$ 理論(中性子の β 崩壊:宇宙の元素生成)」
- * 1954年: ゲージ理論(CNヤンとロバート・ミルス)
- * 1960年: ハロッドは3クォーク仮説(ゲルマン&ツウィク)
- * 1968年: 電磁力と弱い相互作用の統一理論(ワインバーグとサラム)
- * 1970年末: 量子色力学(強い相互作用)
- * 1974年: 大統一理論(セルドン・グラショウ)
- * 1980年代: インフレーション理論
- * 1984年: ガモフ「ビッグバン名称」(~0.01秒)四力誕生、核子・電子誕生)
- * 1985年: スーパーSTRING理論(ジュワルツ・グリーン)
- * ※標準理論=(電弱統一理論+量子色力学)、四力:電磁気・重力・強弱力

2) 宇宙論変遷 (絶対時空間~相対時空間~量子論)

- * 1. 「ニュートン物理学」: 絶対時間・絶対空間
(加速度・慣性・作用反作用法則)
- * 「ニュートン物理学の暗雲「光の速度と正体」「光は波?粒子?」
- * 「光の波はなぜ真空を伝達できる」:エーテル媒質の測定実験
- * エーテル媒質の存在を仮説⇒エーテルは存在しないと判明!
- * 2. 「アインシュタイン相対性理論(特殊・一般)」
- * ①相対性原理②「光速不変」③光は光量子=波・粒子
- * ④質量とエネルギーは相互変換できる($E=MC^2$)
- * ※絶対空間・絶対時間は無く全て両社は時空として存在
- * 重力場の方程式・アインシュタインの運動方程式
- * 3. 量子論 (波動性と粒子性の両性)



(2) 中世までの宇宙観

1) 天動説: 古代ギリシャ時代

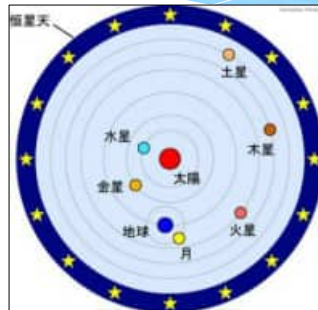
プトレマイオスの天動説 (2世紀頃):

1. 宇宙の中心は地球。地球の周りを
2. 月、水星、金星、太陽、火星、木星、土星が回っている
3. 更になる外側には星が張り付いた天球が回っている。



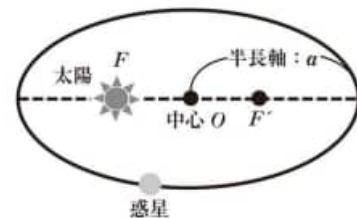
2) 地動説 1: コペルニクス (16世紀)

1. 惑星は太陽を中心に円軌道で回転している
2. 太陽から近い順番に水星・金星・地球・木星・土星
3. 教会から異端者扱い。



3) 地動説 2 「ケプラーの惑星運動法則」

- ① 惑星は太陽の周りを楕円軌道で公転している。(17世紀)
- ② 惑星と太陽を結ぶ動径が一定時間に描く面積は同じ。
- ③ 惑星の公転距離の3乗と公転周期2乗は比例して一定値。



(3) 宇宙物理学の変遷

- 1) 万有引力の法則 (ニュートン：日常世界に適用)
- 2) 相対性理論 (アインシュタイン：マクロ世界に適用)
- 3) 量子論 (プランク・ボーア・シュレディンガー：ミクロ世界に適用)
- 4) 新物理学の必要性 (超異常事象の解明)
 - (理由) 現在の物理学では宇宙誕生時等の異常事象は扱えない。
 - (対象) ・ インフレーション・ビッグバン
 - ・ 超高温・超密度・超光速の時空

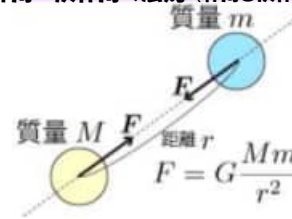
1) 万有引力の法則 (ニュートン：1687)

(適用) 日常生活に適用

○絶対空間・絶対時間 (光進行媒体エーテルの存在)

(万有引力) 質量のあるものは相互に引力が働く

- 第1法則：慣性の法則 (外力が無ければ物体は等速運動を続ける)
 第2法則：運動の法則 (加速度は力に比例し質量に反比例)
 第3法則：作用・反作用の法則 (作用と反作用は大きさ同じ反対)



2) 相対性理論とは (アインシュタイン：1906)

相対性理論：時間と空間は運動する

物理法則はどんな速度で運動をしている人にとっても同じであるべき、即ち物理法則は相対的なものでなければならない。

(高速で運動する場合)：動くものは時間の進み方が遅くなる。

① 光速の99%で飛行している場合：時間は1/1.09≒0.14遅くなる

② 光速の50%で飛行していると：時間は1/1.15≒0.87遅くなる

(具体例)

双子の兄弟 (20才) A (兄)、B (弟) の兄が光速の99%のロケットで宇宙旅行に出かけて1年後に地球に戻ると地球では既に7年が経過しており弟Bが6歳年上の27歳になっている

※ (相対性理論の3法則)

- ※ 1. 光速不変の原理 (絶対速度30万km/S)
- ※ 2. 質量とエネルギーは等価 ($E=MC^2$)
- ※ 3. 重力は空間を曲げる。(光は重力で曲がる)

3) 量子論 (素粒子世界の物理学)

超ミクロの世界に適用

量子とは (量が小さな固まりの意味)。以下量子論の進展

① 量子論第1期1900：プランク (エネルギー量子仮説を提唱)
 アインシュタイン (光量子仮説：光電効果)

② 量子論第2期1910：ボーア (電子も量子)

③ 量子論第3期1920：シュレディンガー・ボルン (電子は波)

※ 量子論とは (素粒子の物理学)

- ※ 1. 量子とは「量が小さな固まりの意」(光・電子・エネルギー等)
- ※ 2. 量子論とはミクロ世界に適用できる物理学
- ※ 3. あらゆる物質は粒子と波としての性質を併せ持つ
- ※ 4. 量子論の世界 (TV・カメラ・パソコン・スマホ・DVD半導体等ハイテク製品)

1. 量子論とは (素粒子の世界を支配する物理学)

(量子論の幕開け：プランク理論)：エネルギー量子仮説

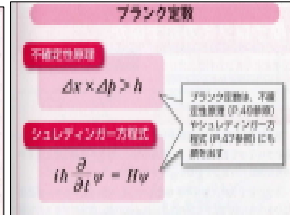
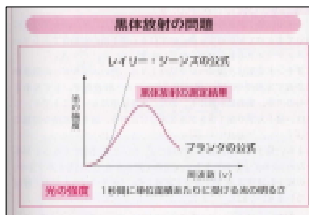
プランク定数 (光1個の最小単位) $h = 6.62607 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

プランク長さ (長さの最小単位) $= 10^{-35} \text{ m}$

プランク時間 (最小時間) $= 10^{-43} \text{ 秒}$

黒体放射 (プランク公式)

シュレディンガー方程式



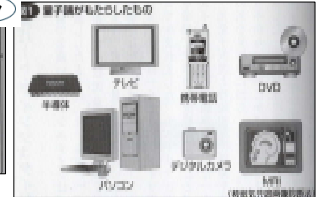
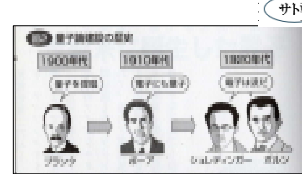
2. 量子論の先駆者

プランク (量子提唱者)、アインシュタイン (光電効果)

ボーア (電子も量子) シュレディンガー・ボルン (電子は波)

量子論の先駆者

量子論の産物：ハイテク製品



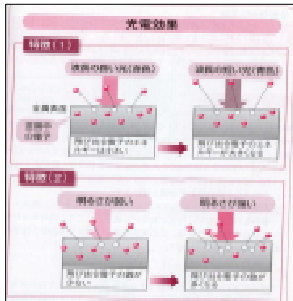
①量子とは (光・電子等)

波と粒子の2面性を持つもの

(アインシュタインは光電効果でノーベル賞)

光電効果 (光子：光の粒子性)

電子の干渉縞 (波動性)



②プランク公式・アインシュタイン光電効果

物理界初めての不連続数 (光のエネルギーは $h\nu$ の整数倍)

プランク定数 ($h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ ジュール} \cdot \text{秒}$, ν 振動数, n 整数)

プランク公式

エネルギー量子仮説

光エネルギーの最小単位は $h\nu$

サトウ

アインシュタイン光電効果

光子量子仮説

光はエネルギー $h\nu$ を持った粒の集まり

光はエネルギーを固まりで受け渡し

① エネルギー量子仮説の式

$$E = nh\nu$$

E : 光のエネルギー

n : 1, 2, 3... (整数)

h : プランク定数

ν : 光の振動数

光のエネルギーは $h\nu$ 単位で「とがとが」を繰り返す。

② 光電効果とは何か

光のエネルギー $h\nu$ は、金属の表面エネルギー ϕ より大きいとき、金属の表面から電子が飛び出す。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

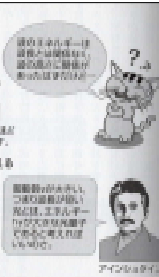
飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。

飛び出す電子のエネルギーは、光のエネルギー $h\nu$ から金属の表面エネルギー ϕ を引いた値である。



アインシュタイン

3. 量子論第2期(電子も量子:1910年代:ボーア)

(電子発見)トムソン1897、(原子モデル)ボーア1913

電子発見(1897)トムソン
陰極線:マイナス電気を帯びた粒子

ボーアの原子モデル(1913)
量子条件:電子軌道半径はプランク定数整数倍
相動数条件:電子軌道エネルギー差の光を放出

サトウ

電子の発見
陰極線:マイナス電気を帯びた粒子

ボーアの原子モデル
量子条件:電子軌道半径はプランク定数整数倍
相動数条件:電子軌道エネルギー差の光を放出

4. 量子論第3期(1920年代完成:全ての物質の正体は波)

シュレインガー方程式(量子力学の波動方程式)

ド・ブローイ(1924)
物質波:電子は波である
電子軌道の長さは波長の整数倍

シュレインガー方程式(1926)
波動力学(ミクロ世界の運動法則理論)
物質波の伝わり方を計算する式
波動関数は物質波の確率的状態を示すボルン・ボー

サトウ

電子の波
物質波:電子は波である
電子軌道の長さは波長の整数倍

シュレインガー方程式
波動力学(ミクロ世界の運動法則理論)
物質波の伝わり方を計算する式
波動関数は物質波の確率的状態を示すボルン・ボー

4) 量子論の限界

更に高度な物理学が必要
(超高温・超高压・超光速に対応できる新物理学)

(最先端)
ひも理論・超ひも理論
膜理論・フレイン理論
重力の量子論(宇宙創造)
(宇宙創造に適用可:誕生・消滅)

物質の密度が大きくなる
重力が無限に大きくなる
時空が際限なく曲がる
時空に穴が開く:特異点
量子論:ゆらぎを扱える理論
重力の量子論(超ひも理論)
エネルギー・粒子もゆらぐ
・粒子が生まれ・消える
・時空が生まれ・消える

厄介な「特異点」と「時空の揺らぎ」

時空の曲がりの特異点
物質の密度が大きくなる(重力が大きくなる)とき、時空の曲がりが増え、特異点が生じる。

時空の揺らぎ
重力が非常に強くなると、量子論的に時空の揺らぎが生じる。これは非常に困難な問題である。