

# MDAレポート

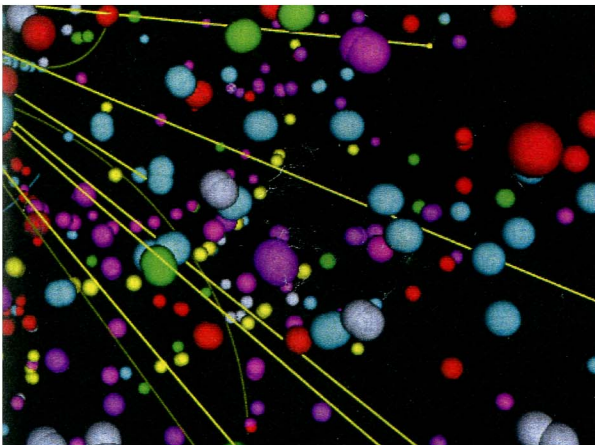
## 電子のはなし

No.73号

2016年2月19日

### 宇宙の物質の構成…… (2)

#### 電子の発見



##### 陰極線による電子の発見

イギリスの物理学者ジョセフ・ジョン・トムソンは真空ガラス放電管（クルックス管）中の陰極線に電場や磁場を印加させることによってその陰極線は曲がることからその曲がり方を詳しく調べました。そして1897年陰極線の正体が $\ominus$ の負の電気を帯びた粒子、つまり「電子」であることをつきとめています。しかもその後電子は原子よりも圧倒的に軽い粒子である（電子の重さ $9.1 \times 10^{-31}$  kgこれは最も軽い原子である水素原子の重さの1800分の1に相当）することも分かりました。そして電子はそれ以上分割できない素粒子であると考えられていますから電子は歴史上初めて発見された素粒子だ

ったのです。この年代は物理学者が放電現象に注目して多くの実験がなされた時代であり、真空ガラス管の制作技術、高真空度の技術がかなり進歩していたことがその発見の背景にあったと考えられます。

陰極線以外にも金属に光を当てると電子が放出される光電効果（光量子仮説によりアインシュタインがノーベル賞受賞）や高温の物体から熱電子が放出される熱電子放出（トーマスエジソンによって発見）による電子の発見があります。

##### 光電効果による電子の発見

物質に光を照射すると電子（光電子）が物質の表面から放出される現象が見られる。この現象を外部光電効果または単に光電効果と言う。原子や分子から自由電子が放出されイオン化（光電離 photoionization）する現象も光電効果の範囲に入ると言う。この光電子の放出は物質に特有の一定の振動数（限界振動数限界波長）以上のエネルギーを持つ光を照射したときのみ起こる現象である。この値は物質によって異なるが、その現象の起こりやすさは仕事関数 $\phi$ で表される。

1839年アレクサンドル・エドモン・ベクレルが光電池の研究において2つの電極を電解液

に浸し片方の電極に光を照射すると光起電力効果で光電流が生じる現象（ペクレル現象）として見出されたのが始まりで、1887年陰極に紫外線を照射することにより電極間の放電現象が起り電圧が下がる光電効果がドイツのヘルツによって発見された。1888年には金属に短波長の光を照射すると電子が表面から飛び出してくる現象がドイツの物理学者ハルバックスによって発見された。そしてドイツの物理学者レーナルドによってこの現象の解明が進み電子の放出はある一定の振動数以上の光を照射で起こる。振動数の大きい $10^{10}$ 倍に拡大し相転移が終わる $10^{-34}$ 秒に宇宙はエネルギーにみち、火の玉宇宙になりやがて宇宙の進化の結果、現在に見るような星や銀河圏などが生まれた。真空エネルギー密度は一定でエネルギー的にゆらいでいる。物質と反物質の生成消滅をくり返している。だから体積が100、1000倍に増大するとエネルギーが大きくなり、これが相転移をおこすと熱になるため火の玉の宇宙になる。更にそこに物質進化をおこす力が発生する。今日森羅万象4つの力、重力／電磁力／弱い力（ $\beta$ 崩壊の際に働く力）／強い力（核力；中性子陽子などの核子）を束ねる力によって支配されていると言われる。このような4種の力はもともとは1つの力であったのが相転移の中で進化し分化してきたとされている。

1989年COBE宇宙背景放射探査衛星によって真空エネルギーにゆらぎがあったことが証明されている。

#### ホーキングス（S・W、Hawking）の宇宙論

1990年ホーキングスは一般相対性理論と融合させた量子重力理論（マイクロサイズの時空のゆがみを扱う理論でまだ完結していない）に取り組み宇宙はビックバンのはじまりの特異点0から生まれたものでなく $10^{-34}$  cmのサイズをもって自然発生することを示した。 $10^{-34}$  cmで生まれる前の宇宙は時間（プランク時間）や空間の値がゆらいだ量子状態があり、量子状態を記述する手法に「虚数時間」があり虚数時間を使って量子状態の宇宙を考えている。すな



わちビックバン宇宙論では爆発を始める瞬間は特異点の宇宙の大きさは0で（曲率0）ポテンシャルエネルギーは無限大の運動エネルギーになって膨張を始める特異点を想定したのに対し逆転の発想をして宇宙の創成は特異点のない、いわゆる無境界から出発すると考えたのである。

はじめも終わりもない無境界から実時間のミニミニ宇宙が真空中のゆらぎを生じインフレーションによって今日の宇宙が始まると言うのである。

#### 現代の宇宙論と化学元素の起源

（年代）

1642～

1727 無限宇宙論 ニュートン (Newton) 万有引力の法則を発見しこの引力での天体の運動を説明

1905 特殊相対性

1916・・・

1917 静止宇宙論 アインシュタイン  
一般相対理論の式から静止宇宙論を主張

1922 膨張宇宙論 フリードマン (Friedman)

一般相対性理論式計算からアインシュタインの誤りを指摘、宇宙は膨張していることを提唱。アインシュタインをして一生最大の不覚と言わせた。

1929 膨張宇宙論の実証 ハッブル (E.P. Hubble)

望遠鏡のアンドロメダ星雲M31,M32の観測からハッブルの法則

$v = Hr$  遠い星ほど後退速度が速い  
 $v$  : 星の後退速度  $r$  = 距離  $H$  =  
ハッブル定数

1947~

1965 ビックバンによって宇宙が創生されたとする。ガモフ (G. Gamow) 火の玉宇宙論 (宇宙の初期) ビックバンの命名、しかし

- ①なぜ火の玉なのか
- ②なぜ驚くほど一様でしかも殆ど平坦 (ユークリッド的) なのか
- ③なぜその中に銀河や銀河圏が作られたのか

など解明解明すべき問題があった。

1980~

1990 インフレーション理論 佐藤勝俊 (東大)、アラングース (Allan Goose)

上述の問題に対して有力な解答を出したのは佐藤勝俊教授とアラングース博士の提唱した目に見えないミニミニ宇宙が時間の平方根に比例する形で倍々ゲームでいっきに膨張するというインフレーション理論である。

それは宇宙開闢後  $10^{-36}$  秒後たった時点で真空の相転移は始まり、いっきに光を照射すると光電子のエネルギーは変わるが飛び出す電子の数は変わらない。強い光を照射すると沢山の電子が飛び出す電子1ヶあたりの運動エネルギーに変わりはないことなどが分かった。

この現象は1905年になってアインシュタインの光量子仮説によって説明つけられた。これにより1921年アインシュタインはノーベル物理学所賞を受賞。1916年ミリカンの実験 (真空の陰極光を当てて光電効果を起こさせその時の陰極と陽極間に流れる電流を測定し、かつ電圧と光電子運動エネルギーの関係からプランク定数  $h$  を求め光電効果を実証している。

これによって求めたプランク定数は  $h = 3.56 \times 10^{-34}$  であった。

一方で黒体の輻射の実験から求めたプランクの定数は  $h = 6.558 \times 10^{-34}$  でほぼ一致した値を示している。

---

※MDAレポートは皆様のミニコミです。  
MDAレポートに関するご批判、ご意見  
ご提言、皆様の体験レポート (家庭用、  
工業用) あるいはご質問など何でも結構  
です。書欄にて当社までお寄せください。

〒921-8831

石川県野々市市下林4-499-2  
丸子電子株式会社  
TEL <076> 246-6806  
FAX <076> 248-0103  
MDA特性総合研究所  
TEL <076> 246-6863