

1 宇宙線とは？

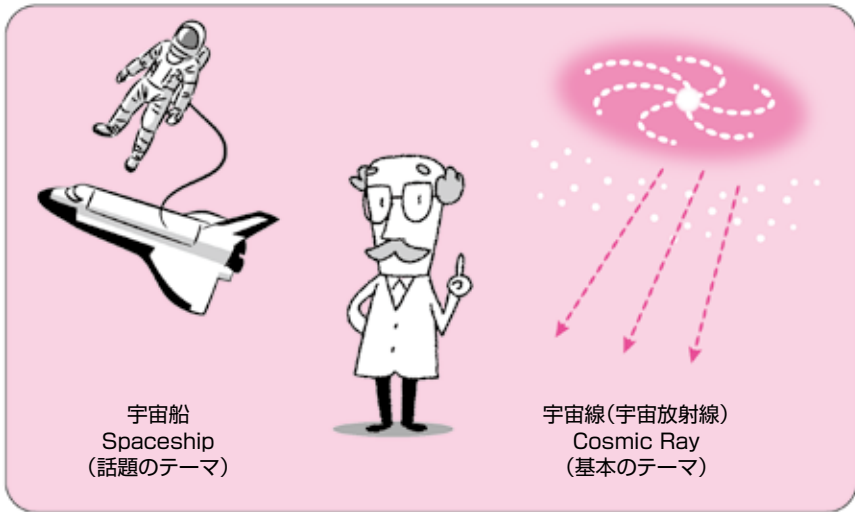
宇宙からの放射線

「うちゅうせん」と聞くと、まず思い浮かぶのが「宇宙船」かもしれません。この本のテーマは、「宇宙船」ではなくて「宇宙線」です。パソコンの検索アプリ Google で「宇宙線」を検索すると150万件ほどがヒットしますが、「宇宙船」ではその3倍以上の件数です。やはり「宇宙船」のほうに話題性がありそうですが、実は「宇宙線」は物質に関連する基本的なテーマ(基本粒子のテーマ)なのです。「宇宙線」とは「宇宙からの放射線・粒子線」と定義されます。放射線には人工放射線と自然放射線があります。医療でのX線撮影や原子炉内の放射線は「人工放射線」です。一方、地面や天空からの放射線が「自然放射線」です。大地からの放射線と異なり、天空からはエネルギーのはるかに高い放射線が降り注いでいます。これが「宇宙放射線」あるいは「宇宙線」です。英語ではcosmic rayです。

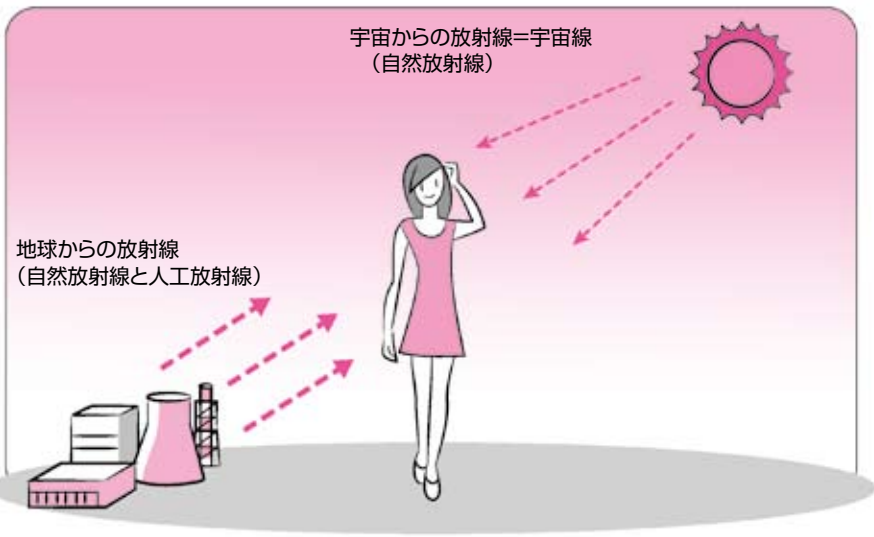
紀(前漢時代)の淮南子の齊俗訓に由来します。「往古来今、之を宙と謂い、四方上下、之を宇と謂つ」すなわち、「宙」は昔から今までの時間を表し、「宇」は東西南北・天地の空間を表していますので、宇宙で「時空」を意味していることになりました。一方、英語の「コスモス(cosmos)」は、ギリシャ語の「kosmos」に相当し、「秩序」「飾り」「美しい」という意味の言葉に由来しています。

宇宙からの重要なメッセージが宇宙線の中に含まれています。狭い意味での「宇宙線」は、宇宙からの高エネルギーの粒子線です。一方、広い意味では、宇宙から飛来するものすべてであり、高エネルギー粒子線の他に、エネルギーの低いプラズマ粒子束、太陽光やガンマ線などの電磁波、さらに、重力波も含めることができます。宇宙線の謎を解明することで、未知の暗黒物質や暗黒エネルギーなど、宇宙のさまざまな現象が明らかとなるのです。

宇宙船か？ 宇宙線か？



宇宙からの放射線=宇宙線



要点 BOX

- 宇宙線とは「宇宙からの放射線」
- 宇宙線は、医療や大地からの放射線に比べ、エネルギーがはるかに高い自然放射線

2

放射線はどのようにして発見されたか？

レントゲンのX線とベクレルの放射性

宇宙線は放射線の一種なので、放射線の発見の歴史から振り返ってみましょう（左頁図）。

ガラスの放電管の中に2本の電極を入れ、真空にして数千ボルトの電圧をかけると陰極線（電子線の発見は1897年）が観測されます。この実験で、1895年にドイツのヴィルヘルム・レントゲン（1845～1923年）は感光作用をもつ不思議な光線（X線）を発見しました。これは現在レントゲン撮影で利用されている「人工放射線」です。

一方、翌年の1896年には、フランスのアンドレ・ベクレル（1852～1908年）が、ウラン鉱石から「自然放射線」が放出されていることを明らかにし、「放射性物質（放射能）」を発見しています。これらの発見で、レントゲンは1901年に第1回ノーベル物理学賞を、ベクレルは1903年にノーベル物理学賞を受賞しています。

電気量（電荷）の有無は箔検電器により検査する

ことができず。箔検電器では、導体板に電荷を与えると導体板の反対側に取り付けた2枚の金属箔が静電気による反発力でY字型に開くことで、電荷があることがわかります。箔検電器を導電性のガスの中に置くと導体部にある電気がガス中に漏れてしまい、開いていた逆Y字型の箔がゆっくりと閉じます。

大気はわずかな導電性を持っていることがわかっていましたが、その電荷がなくなる原因は大地からの自然放射線であると考えられていました。

大地以外からの放射線に関して、1909年、フランスの僧侶テオドール・ウルフがエッフェル塔（屋上300メートル）に登り、検電器による観測を行いました。山の上や海の上での放射線の観測も、イタリアの物理学者ドメニコ・パチーニにより1911年になされています。しかし、宇宙からの放射線の明確な検証にはオーストリアの科学者ヘスの実験を待たなければなりませんでした。

放射線の発見の歴史

1895年 陰極管からのX線
レントゲンによる発見



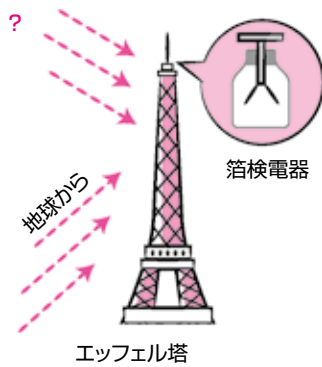
レントゲンのX線

1896年 ウラン鉱石(土壌)
アンリ・ベクレルによる地上の放射性物質の存在を確認



ベクレルの放射性物質

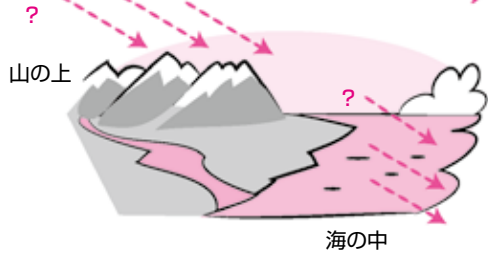
1909年 エッフェル塔上(高所)
テオドール・ウルフによる
エッフェル塔(屋上300メートル)での観測
→検電器により、放射線の強度の変化なし
(宇宙からの飛来は明確化されず)



箔検電器

エッフェル塔

1911年 山の上、海の中
イタリアの物理学者ドメニコ・パチーニ



山の上

海の中

1912年 気球(大空)
ヴィクトール・ヘスが気球に乗り観測



気球

ヘスの宇宙線

要点BOX

- レントゲンのX線は人工放射線
- ベクレルの放射性物質からの自然放射線
- エッフェル塔上での放射線の測定

3

宇宙線の発見者は誰か？

ヘスによる気球での観測

かつて放射線は地中からのみ放射されていると考えられていましたので、上空に行くほど放射線が弱くなると考えられていました。エッフェル塔などでの高所での実験（前節）も試みられましたが、宇宙からの放射線は明確化できませんでした。

1912年にオーストリアの科学者ヴィクトール・フランツ・ヘス（1883年～1964年）は高度5キロメートルまで気球に乗って放射線を観測し、予想に反して高度が高くなるほど放射線量が増えることを示しました（左頁図）。また、日食時も観測を行い、これが太陽からの放射線でないことも確認しています。これにより、放射線は大地からだけではなく、宇宙からも到来していることが証明されたのです。高度5kmでは海面よりも2倍の放射線強度が観測されました。ヘスの観測結果はドイツのコールホルスターによって明確化されました（左頁下図）。ヘスによる宇宙からの放射線の発見は1925年

にアメリカのロバート・A・ミリカン（1868年～1953年）により再確認され、彼により「宇宙線（cosmic ray）」と名付けられました。

当時、放射線の正体は何なのかは様々な議論がありました。宇宙線は電磁波としての「光子」であるとミリカンは考え、一方、アメリカのアーサー・コンプトン（1892年～1962年）は「荷電粒子」だと主張しました。宇宙線が地球の磁気により方向を変えることから、コンプトンの荷電粒子説が正しいことが判明しました。

宇宙線の発見により、核物理学の新しい扉が開かれ、カール・D・アンダーソンにより、プラスの電荷を持つ電子であるポジトロン（陽電子、電子の反粒子）とミュオン（ミュー粒子）とが宇宙線の中から発見されました。これらの功績でヘスはアンダーソンと共に1936年にノーベル物理学賞を受賞しています。

要点BOX

- 気球に乗っての観測で、ヴィクトール・ヘスが宇宙線を発見
- 宇宙線により、上空ほど放射線が増加する

宇宙線の発見



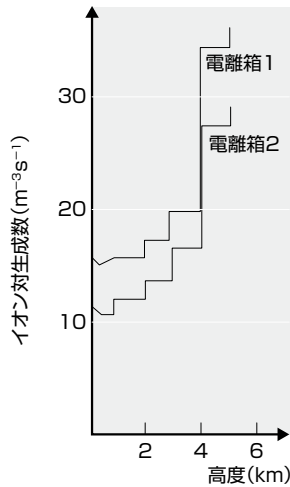
宇宙線の発見者
ヴィクトール・フランツ・ヘス
(1883-1964年)
オーストリア生まれの物理学者
1936年ノーベル物理学賞受賞
出典: <http://www.nobelprize.org/>



1912年
気球に乗り放射線観測をする
ヘス博士(中央)
出典:米国物理学会

宇宙線の実験結果

ヘスによる結果(1912年)



コールホルスターによる結果(1913, 1914年)

