

霧箱による放射線と宇宙線の観測

北海道札幌啓成高等学校 理数科（2020 年入学）4 班

大関優空 加々見歩 千葉侑吾 山崎瑛太

General Cloud Chambers can observe only α -rays and β -rays. So, we referred to the Cloud Chamber that was made by professor Hayashi in Nagoya University and made the high performance Cloud Chamber that can observe cosmic rays. Radiation and Cosmic rays are shut out by paper or metal. So, we came up with a hypothesis that “There are less shields outdoors, so we can observe more radiation” and conducted that experiments to verify the fact.

1. はじめに

宇宙には宇宙空間を飛び交う高エネルギーの放射線が存在する。それは宇宙線と呼ばれ、宇宙線には太陽宇宙線や銀河宇宙線等がある。宇宙線のほとんどは銀河系内を起源とする銀河宇宙線であり、超新星残骸などにより加速されていると考えられている。

地球大気内に高エネルギーの宇宙線が入射した場合、空気シャワー現象が生じ、多くの二次粒子が発生する。寿命の短いものは直ちに崩壊するが、安定な粒子は地上で観測される。このとき、大気中に入射する宇宙線を一次宇宙線、そこから発生した粒子を二次宇宙線と呼ぶ。一次宇宙線の大部分は陽子を始めとする荷電粒子である。それに対し、二次宇宙線は地上高度では大半が μ 粒子である。 μ 粒子は第二世代の素粒子であり、レプトンとクォークの分類のうちレプトングループに属する。

私たちが試みたのは、二次宇宙線を観測すること。第二に、 α 線や β 線などの地上由来の放射線と区別する為に、予備実験を実施し分類をすること。その際に飛跡の形状や磁石などを使い、得た結果を判断基準にすることにした。第三に、 α 線は紙、 β 線は薄い金属によって遮られる性質をもとに「屋外の方が遮蔽物は少ない為、二次宇宙線は多く観測される。」という仮説を立て、観測場所による μ 粒子の出現比較について、先述した判断材料を参考にし、種類を分別して調べることの 3 つである。

2. 霧箱の作成

2.1 目的

宇宙線を観測するためには性能の高い霧箱を用いる必要がある。今回は名古屋大学の林先生の作られた霧箱を参考に作成した。

2.2 実験 1

①作成した霧箱（図 1）にドライアイスをしたに入れて、霧箱内部に十分にアルコールを浸して、過飽和状態になるまで待つ。

②部屋を暗くして見やすい角度から懐中電灯をあてて放射線を観測する。

③実験日時 2021 年 8 月 4 日

④実験場所 啓成高校 2 階物理室

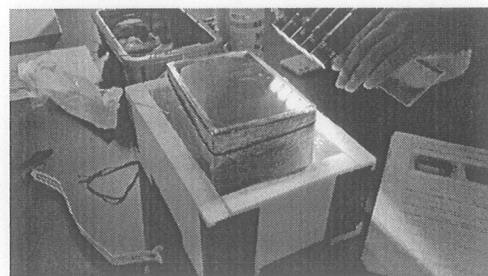


図 1: 実際に使用したドライアイス式霧箱

2.3 実験結果

啓成高校 2 階物理室では、様々な放射線の飛跡が観測できた。（図 2）

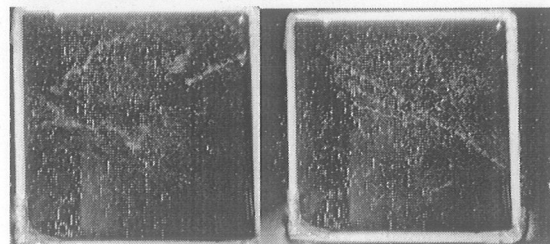


図 2: 観測できた放射線（左）と宇宙線（右）

3. 宇宙線と放射線の同定実験

3.1 目的

様々な飛跡を目視で分類できるように、磁石や放射線源を使って飛跡の観察をした。

3.2 実験方法

○実験2（霧箱に磁石を近づける）

①学校物理室にて作成した霧箱を使い実験する。

②飛跡を観測できる状態の霧箱に磁石を近づけその前後の軌跡の変化を調べる。放射線と宇宙線によって飛跡に違いが出ることを調べる。

○実験3（霧箱に β 線源を近づける）

①補足実験1と同様に実験する。

②飛跡を観測できる状態の霧箱に β 線源を近づけその前後の飛跡の変化を調べる。特定の飛跡のみが多数出ること、その飛跡の形状を調べる。

3.3 結果

○実験2

霧箱側面に磁石を近づけるとその前後で飛跡の形や現れ方に少し変化が見られた。

詳細は、磁力方向に突入した飛跡が磁石のない通常の実験のときの方向より左右に曲がっていた。

○実験3

霧箱側面に β 線源を近づけるとその前後で特定の飛跡の現れる数が著しく増えた。 β 線の飛跡は下の図3のようなクネクネした形状のものと特定できる。

3.4 考察

α 線、 β 線、 μ 粒子はいずれも荷電粒子であり磁場の中でローレンツ力を受けて曲がる。その電荷により α 線と β 線、 μ 粒子は曲がる向きが違い、質量の比較から β 線、 μ 粒子、 α 線の順に曲がり方が大きくなるはずである。

実験結果およびそれぞれの放射線、宇宙線の性質より

- ・ α 線は太くまっすぐ進むこと
- ・ β 線は細くクネクネと曲がること
- ・宇宙線はまっすぐと長く進むこと

という判定基準が導かれる。



図3： β 線源と現れた軌跡

4. 屋内と屋外の比較

4.1 目的

放射線は紙や薄い金属によって止められる性質を持っていることから、次のような仮説を立て検証を試みた。

仮説 壁がある屋内より、壁のない屋外のほうが放射線を多く観測できて、宇宙線も多く観測できる。

4.2 実験4

実験方法

①作成した霧箱を使い屋外にて実験した。

②日光により霧箱内が明るくなり飛跡が見えにくくなることを抑えるため段ボールや板で光を遮り観測した。

③実験日時 2021年10月10日

④実験場所 啓成高校ゴミ庫横のスペース

4.3 実験4結果

表1:実験4の計測結果

	α 線	β 線	ヴェール状	宇宙線	合計
屋内 (物理室)	28回	42回	4回	1回	75回
屋外 (ゴミ捨場)	24回	20回	5回	16回	65回

※ヴェール状とは、ウェディングドレスのヴェールの様に、楕円形に広がって表れた放射線の形とする。

宇宙線の量については、仮説通り屋外の方が多く観測されたが、仮説と違い、屋内のほうが放射線の量が多いという結果になった。また、屋内は β 線が多く、屋外は α 線が多いという結果になった。

4.4 考察

α 線が放射線の中で大きい飛跡を作るという特徴を持つことから、この実験で観測されたヴェール状の飛跡のほとんどは α 線なのではないかと考えられた。

また、仮説と違う結果が出たのは、屋外だとヴェール状の放射線が多いため、ヴェールが発生した際に霧箱に飽和していたアルコール蒸気が多く凝縮し、過飽和状態のアルコール蒸気が減った結果、次に過飽和になるまでに時間がかかり、観測できた放射線の数が減ったためではないかと考えた。

5. まとめと課題

- ・自作した霧箱でも放射線が観測できることが分かった。
- ・飛跡の形から α 線、 β 線、 μ 粒子をおよそ特定する事ができた。
- ・宇宙線を確実に観測するために放射線が透過できない物質を利用した霧箱を作成して実験することが必要である。
- ・屋外のほうが宇宙線を多く観測することができた。

6. 参考文献

- 1) 名古屋大学理学研究科 F 研 基本粒子研究室 (2011), 霧箱の原理
<https://flab.phys.nagoyau.ac.jp/2011/ippan/hcloudchamber/principle/>
- 2) 林 熙崇 (2011), 宇宙線が見える？簡単・林式高感度霧箱を作って 宇宙線を観察しよう , <[https://flab.phys.nagoya-](https://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/wp-)
[u.ac.jp/2011/wp-](https://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/wp-)

content/uploads/2022/04/hcloudchamber_20220411.pdf>

3) 伊藤英男 (2009), 「ポケット図解 宇宙線と素粒子がよ〜くわかる本」 秀和システム

4) 窪田美紀/鎌田正裕 (2015), 「繰り返し使用できる保冷剤を用いた霧箱の開発と試用」東京学芸大学紀要 自然科学系 67: 9 - 13

5) かなざわいつせい「第8回 本邦初! 富士の頂にて、宇宙線「ミュオン」を霧箱でキャッチする!」大人の科学.netHP

<https://otonanokagaku.net/issue/lab/vo18/index.html>