霧箱とネオジム磁石を用いたβ線の飛跡観測

防衛大学校　本科 63 期　応用物理学科　郡司　梨花

1.　序論

霧箱は、過飽和のエタノール蒸気が凝集する現象を利用して放射線の飛跡を視覚化する装置である。主に教育器材としてα線の飛跡観測に用いられるが、β線(電子)やその反粒子である陽電子の観測ができると素粒子物理学への教育効果が期待できる。本研究では、予備実験として霧箱とネオジム磁石を用いたβ線の飛跡観測実験を行った。β線源から飛び出してくるβ線の進行方向に対し垂直に磁場を加えると、運動する荷電粒子に作用するローレンツ力のため、飛跡が曲がると期待される。

2.　実験結果

霧箱内部に直接ネオジム磁石を置くと、磁石が周囲の空気より冷えて対流が生じ過飽和状態が乱されるため、β線の飛跡観測が難しいことが判明した。

試行錯誤の末、最終的な実験装置の配置を図 1 に示す。霧箱底板裏側とガラス板上の 2 か所に縦横 20 mm、厚さ 30 mm の角型ネオジム磁石を配置し、ポリカーボネート製の霧箱壁面に開けられた挿入孔の外側に 10 kBq の ^{90}Sr 線源を設置した。磁場は鉛直下向きであるため、β線の進行方向右向きの弧を描くはずである。

ビデオカメラを用いて飛跡を撮影した結果、図 2 のようにネオジム磁石の近傍で進行方向に対し右に曲がる飛跡を観測できた。このとき観測された飛跡の高さは、目視によると底板表面から 10 mm 付近であった。

飛跡の曲率半径からβ線の運動量を求めるために、ガウスメータを用いて磁束密度 B の測定を行った。水平面は磁石の位置を中心とした 40 mm 四方を 5 mm 間隔で、高さに関しては底面から 5～35 mm の範囲を 5 mm 間隔で測定した。その結果、β線の飛跡が観測された底面からおよそ 10 mm の高さにおいて、磁石中心の磁束密度は、109 mT であった。(図 3 参照)

明瞭に観測されたβ線の飛跡数本について、画像解析ソフト ImageJ を用いて曲率半径を求めた。その結果、曲率半径は 20～30 mm 程度であった。水平面内の曲率半径 r と運動量 p の関係は

$$p[\mathrm{MeV/c}] = 300\, r\,[\mathrm{m}] \cdot B_y[\mathrm{T}]$$

であるから、運動量は 0.6～1.0 MeV/c程度、運動エネルギーは 0.3～0.6 MeV程度と求められた。^{90}Sr 線源から放出されるβ線（最大エネルギー2.28 MeV）のエネルギー分布の予想と矛盾のない結果が得られた。

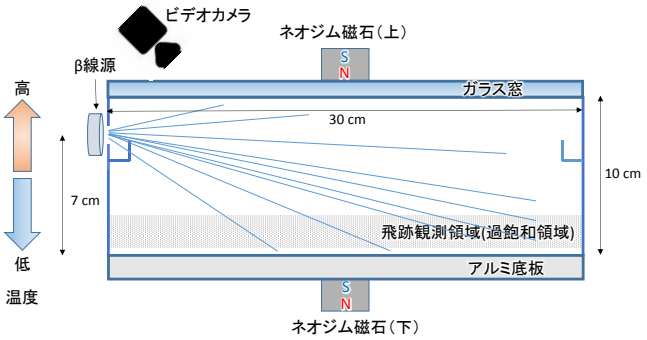

図 1　実験装置の配置側面図。霧箱底部付近の過飽和領域でのみ飛跡が観測される。

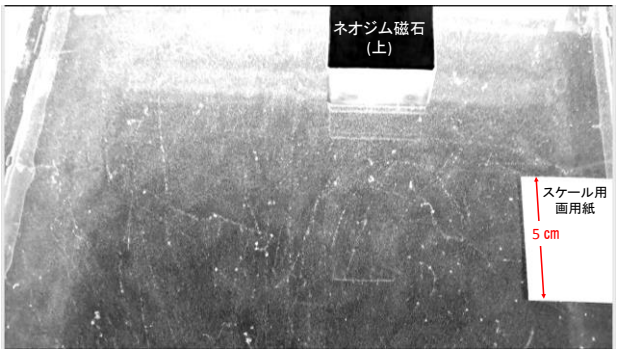

図 2　写真下部に置かれたβ線源から放射状に放出されるβ線の飛跡の様子。ネオジム磁石の下部において右に曲がる飛跡が観測できる。

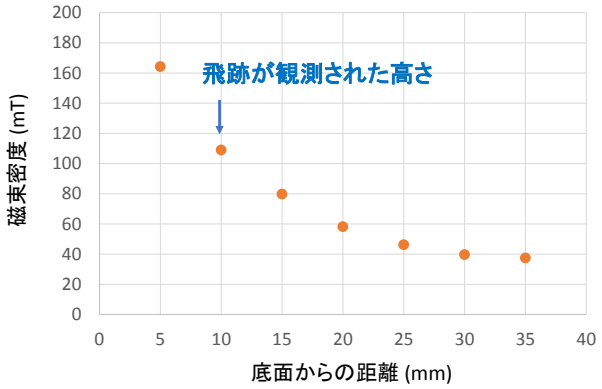

図 3　y 軸方向の磁束密度（水平面内の最大値）の霧箱底面からの高さ依存性

研究指導教官　　准教授　松村　徹