

# 演習課題 09 : 崩壊粒子から宇宙線のふるまいを調べよう ～強力な磁性観測ツール $\mu$ SR 法の基礎原理～

担当教員 : KEK 共通基盤 放射線科学センター 吉田剛  
KEK 物構研 ミュオン科学研究系 中村惇平

本演習では、粒子の崩壊・飛程(打ち込み深さ)・粒子の検出など、放射線科学で一般的な概念を学び、宇宙線の観察を通して、ミュオン(ミュー粒子)を用いた磁性観測の基礎原理について学びます。

## ミュオンの生成と崩壊

素粒子の多くは不安定で、寿命を迎えると崩壊し別の粒子に変化します。地表に降り注ぐ宇宙線の大部分を占めるミュオンはパイオンの崩壊で生成します。ミュオンは荷電レプトンで粒子・反粒子で正と負がありますが、図1に正ミュオンの場合を示します。パイオンはスピンゼロでニュートリノスピンの向きは運動量と逆向きしかないので、角運動量の保存によりミュオンは生成時に完全にスピン偏極します。さらに、ミュオンも陽電子とニュートリノに3体崩壊します。この時、ミュオンスピンの向きの陽電子放出確率が大きくなります(図1b)。これを利用すると、ミュオンを物質中に打ち込み崩壊陽電子の空間分布を測ると、物質中のマイクロな磁場が分かります。この手法は**ミュオンスピン回転法( $\mu$ SR法)**と呼ばれます。実習では宇宙線を使いますが、物質研究では加速器が使われます。

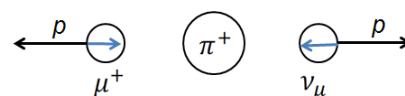


図1a ミュオンの生成

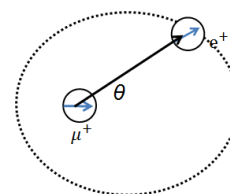


図1b 崩壊陽電子の放出角分布

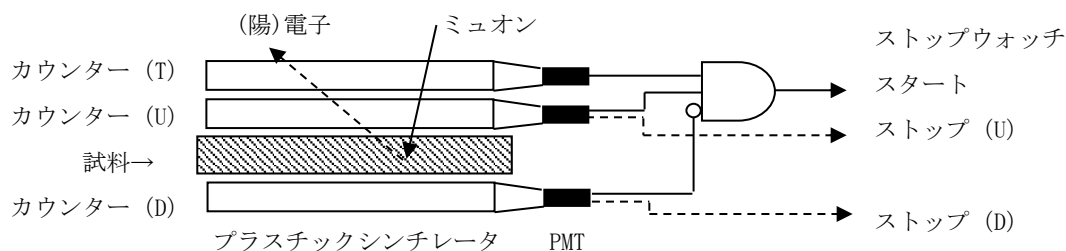


図2 宇宙線版ミュオンスピン回転観測装置

## 測定原理

演習で用いる装置の概念図を図2に示します。3つのカウンターが「(T=鳴った) & (U=鳴った) & (D=鳴らない)」という条件で試料にミュオンが止った事象を捕まえます。この時、ストップウォッチのスタートボタンを押します。観測時間内にカウンター(U)か(D)が鳴ったらストップウォッチのストップボタンを押します。多数の事象を観測してスタートからストップまでの時間分布をヒストグラムで記録すると、試料に止まった宇宙線ミュオンの寿命を測定出来ます。またストップの際のUとDの違いを見ると、磁場によるスピン回転を見ることが出来ます。