OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	μ+SRによる磁性研究
Author(s)	山本, 良之
Citation	大阪大学低温センターだより. 1997, 100, p. 17-19
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3637
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

μ^+ＳＲによる磁性研究

理学研究科　都研究室
博士課程２年　山 本　良 之（内線5489）
Ｅ－mail:yamamoto@ess.sci.osaka－u.ac.jp

私は，μ^+ＳＲ（μ^+Spin Rotation／Relaxation／Resonance）*という物性実験を諸研究所と共同実験という形で行っている。μ^+ＳＲという実験の性格上、μ^+（正ミューオン）*という素粒子を用いるため、それを生成する大規模な加速器が必要となってくる。このため実験は加速器のある高エネルギー加速器研究機構（ＫＥＫ：茨城県 つくば市）や理化学研究所（ＲＩＫＥＮ：埼玉県 和光市）のイギリス支所があるRutherford－Appleton Laboratory（ＲＡＬ：イギリス）やカナダのTRIUMFに出張して現地のスタッフと一緒に行っている。日本国内では物性実験の手段としては、まだまだマイナーな部類に入るようで、μ^+ＳＲの実験と理論の発展は日本人の貢献によるところが非常に多いにも関わらず、μ^+ＳＲと言ってもあまりピンと来ない方々が多いようである。実際、学会でもμ^+ＳＲの実験に関する発表は非常に少なくいつも寂しい思いをしている。そういうわけで、この原稿依頼があったとき、宣伝を兼ねてこのμ^+ＳＲについて紹介してみたいと思い、筆（キーボード？）を取った次第である。

μ^+ＳＲとは、その名のとおりμ^+（Ｓ＝1/2）のスピンを用いてその回転、緩和、共鳴を観測し、物質の内部場の静的、動的情報を得る実験方法である。NMRで磁気探針として原子核を用いるのに対し、μ^+ＳＲでは物質に打ち込まれたμ^+が格子間位置ににとどまり、それ自身が磁気探針として機能する。μ^+はその大きな磁気能率比のため～１Ｇオーダーの内部場でも捉えることが出来る高感度なプローブである。また、パイオンから崩壊して出来たμ^+が、その運動量方向と反平行に100％スピン偏極しているという性質を利用してゼロ磁場下で測定が行えるという利点がある。更に、他の磁気探針にない特徴的な時間窓を持っており（10^{-5}～10^{-10} sec）、NMR（$>10^{-4}$sec）や中性子回折（$<10^{-10}$sec）と相補的な関係にある。観測されるシグナルはμ^+スピンの自己相関関数に比例した量であり（図．１）、μ^+が試料の内部場で偏極が失われていく様子が実時間で測定できる。以上のような特徴を生かして磁性の分野だけでも、スピングラス、低次元磁性体の動的磁性、酸化物超伝導体の磁気相図の決

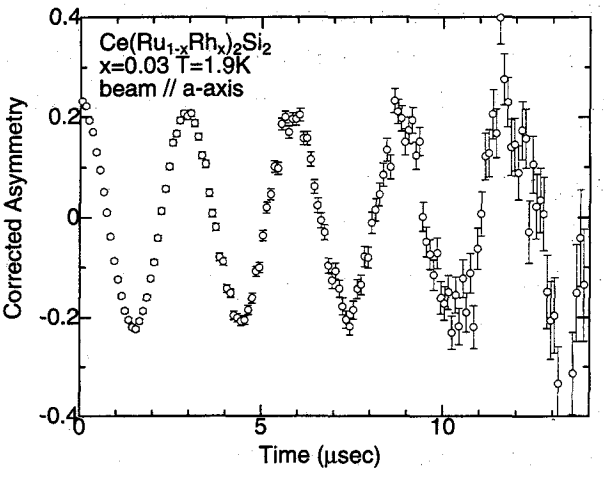

図１．ミュオンスピンに対して垂直に外部磁場25Ｇをかけたときのスペクトル。μ^+スピンがプリセッションする様子がよく分かる。

定、重い電子系の微少モーメントによるオーダー等の研究に大きな力を発揮してきた。私自身は重い電子系の物質の磁気秩序や動的磁性についての研究を行っている。

実験室内部はとにかくスケールが大きく、ビームラインがいくつも縦横無尽に走っていてさながら工場を思わせるようである。ヘリウムのベッセルなどはクレーンで吊り上げ、空中を行き交っているおり、初めて見たときはちょっとしたカルチャーショックであった。他には、ビームラインの隙間を縫うように人が通る足場や、測定のためのスペクトロメーターが設置してあり、スペクトロメーターの中には試料をマウントしたクライオスタットが入っている。クライオスタットは目的に合わせて^{4}Heクライオスタット、希釈冷凍機などが選択可能である。実際の測定はカウンティングルームと呼ばれる部屋でスペクトロメーターとデジタル回路で繋がれたワークステーションに向かって行っている。試料をマウントして温度を下げるところまでは普通の低温実験と同じなのだが、その後は温調も遠隔操作で行いずっとワークステーションに向かいっぱなしなので、実験中はおよそ物性実験を行っているとは思えず、まるで原子核、素粒子実験を行っているような気分になる（実際、μ中間子を使っているので素粒子実験といってもいいのだが）。

μ^+SRの実験では、外部条件（温度、磁場、圧力等）を変えることがそれほど困難ではない。極限的な状況下で測定を行うことは最近特にその重要性を増してきているが、しかし海外はともかく国内ではそういう外部条件を自在に変えるような装置はまだ、それほどは整備されていない。温度に関しては、KEKにも希釈冷凍機が入り、１K以下の測定も可能となった。磁場に関しては、強磁場を作り出すマグネットなどがまだまだ整備されておらず、共同実験で主に使うポートでは最大３kG程度である。圧力に関しては、共同利用で自由に使える圧力セルはまだない。今年度よりKEKで共同利用実験が正式に公募制となり、一般的な施設使用にくわえて、装置開発のプロポーザルも採択されるようになった。また、KEKにおいて大型ハドロン計画（JHP）*が現在進行中であり数年後には加速器の性能が飛躍的に上がりビームの質が向上して実験がさらにやり易くなるであろう。世界的にも有名な強磁場施設や、高圧下における実験等、伝統的に物性実験の技術開発の盛んな阪大の諸研究室と共同で開発を行えば、近い将来、海外に負けないμ^+SR実験施設が実現するのではないだろうか。今後一人でも多くの物性研究者がこの分野に参加されることを願ってこのへんで拙文を終える。

用語説明

μ^+SR

詳しい解説が固体物理vol.26 No.11(1991)〈μSR－ミュオンスピン回転・緩和・共鳴〉特集号にあるのでそちらを参照。

μ^+（正ミューオン）

質量は陽子の1/9をもち、またスピン1/2と＋電荷をもっている中間子。パイオンの崩壊で生成されるが、そのときの運動量方向と反平行にスピンが100％偏極する特徴を持つ。その固体内に打ち込まれると、偏極を保持したまま10^{-9}sec程度で電磁相互作用により熱エネルギー化して格子間位置にとどまって、内部場を感じLarmor 才差運動をするか格子内を拡散運動する。寿命2.2μsecで陽電子とニュートリノ

に崩壊するが、そのときパリティのやぶれにより、崩壊したときに向いていたスピンの方向に陽電子を出す確率が大きい性質を持っている。この陽電子をプラスチックシンチレーターでディテクトすることでミューオンスピンの運動をモニターすることができる。

大型ハドロン計画

KEKが推し進める、大強度ハドロン加速器群から発生する多彩な不安定粒子（中間子、中性子、短寿命核等）を用いて、通常世界にない新しい物質形態を創り出し、物質の未知の顔を探索することを目的とする開拓的・学際的・国際的計画。具体的には、中間子科学に対して3GeVのプロトンビームで作り出された大強度（現在の約100倍）ミューオンビームが実現される。