

Title	極低温を用いた素粒子の相互作用の研究
Author(s)	森田, 正人
Citation	大阪大学低温センターだより. 1975, 9, p. 1-2
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/11039
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

極低温を用いた素粒子の相互作用の研究

理学部 森田 正人 (豊中2448)

素粒子関係の実験的研究は、大型加速器が無いと行うことが出来ないというのが常識である。この小文では、極低温さえあればどんな小さな実験室でも行うことが出来るというお話をする。勿論、加速器が無いと珍しい素粒子を生産することは出来ないので、仕事の種類は自ら異なってくることは確かである。

そこで素粒子そのものより、素粒子間の相互作用に眼をつけてみよう。この世の中に存在する相互作用として我々が認知しているのは次の4種に限られている。

1. 重力：質量間の相互作用で力は極めて弱く、研究の歴史は古いがその性質は殆んど判っていない。
2. 電磁相互作用：物性研究の主体。歴史も古く、人類がコントロールできる唯一の相互作用。
3. 強い相互作用：素粒子の生成、素粒子間の散乱現象、あるいは原子核の構成などに役目を果たしている。1930年代の初頭から研究が始まった。一時期この相互作用はすっかり判ったようにみえたが、よく考えると何も判っていない。1 fm程度の近距離で有効に働き、力が強い。
4. 弱い相互作用：素粒子の崩壊や、原子核のベータ崩壊を司る。その力は電磁相互作用に較べても著しく弱い。1950年後半期になって急に研究が盛んになり、今ではその性質の一部がかなり詳しく解明されたと信じられている。

素粒子の世界では、いろんな奇妙な現象が現われ、上記4種のどれにも起因しない場合には新規に相互作用が提案される。しかし今迄の所上記4種で間に合っているというのが定説である。将来もっと高エネルギーの現象が観測されたときには、「第5番目の力」が発見される可能性もあるだろう。

さて、現実には起る素粒子間の反応は上記の相互作用を通じて発生するのであるが、古典力学の場合と同じく、反応の前後でエネルギー、運動量、角運動量等の保存則が成り立っている。これらの保存則は、反応を記述する自然法則が時空の系の選び方によらないという要請から導かれる。例えば、空間軸の原点を平行にずらしても運動方程式は不変であることから運動量保存が結論されるし、時間のずらしに対する不変性からエネルギー保存則が導かれる。更に、量子力学では空間反転に対する物理法則の不変性を仮定することによって、物理系の偶奇性が決まる。そして系のパリティは反応の前後で保存されると最近迄信じられていた。

しかしこの考え方は、素粒子の崩壊や原子核のベータ崩壊では成り立っていない。1957年呉(Wu)女史達が実験で証明した。これは、極低温において偏極したコバルト60の原子核から放出されるベータ粒子が、核スピンの向きとは反対方向に進むという現象である。即ち核スピンの軸に対して非対称な角分布が観測されるのである。このような空間軸に対する非対称な現象は、強い相互作用や電磁相互作用によって引き起される現象では全く考えられなかったもので、非常に強いショックを受けたことを覚えている。

そこで同じ様な実験をガンマ崩壊の場合に考えてみよう。初期状態である原子核の励起状態は、勿論核力によって、即ち強い相互作用の下に作られている。核子と光子の電磁相互作用によってガンマ線が放出される。最終状態である原子核の基底状態はやはり強い相互作用によって規定されている。従って、通常ガンマ線の角分布を観測すると、核スピンの偏極方向に対して $\cos^2\theta$ の巾級数の和として表わされる角分布をする。即ち空間反転に対して対称である。このことから電磁相互作用も核力もパリティ保存であることが知られていた。

しかし最近になって、ごく一部の核種では、このことが成り立っていないことが発見された。これは He^3 -He dilution refrigeratorを使ったLos Alamosのグループが、 $\text{Hf}^{180\text{m}}$ を核偏極させ、この核スピンについての角分布の非対称が約2%にも達することを見出した。この現象は、磁氣的4重極遷移に電氣的4重極遷移が少しだけ混在しているとして理解できる。

この原因として考えられることは、もし電磁相互作用はあく迄も空間反転に対する不変性(P不変)を仮定したとき、原子核のレベルにパリティの異なる状態が共存する可能性である。従って核力がP不変でなくなってしまう。更につきつめると、核力は通常の π 中間子等を媒介として発生したP不変の強い核力の他に、弱い相互作用に基づく弱い核力が存在すれば納得できる。弱い相互作用は一般にP不変ではないからである。この様にして、原子核内の核子同志は、強い相互作用するのみならず、弱い相互作用も同時に行っていることが確かめられた。更にこの角分布を詳しく調べると、時空の一点で4個の核子が相互作用し合うときの核子の並べ方の順序逆わかる筈である。

更に、物理法則の時間反転に対する不変性あるいは非不変性についても、偏極核より放出される放射線の角分布と、その放出粒子のスピンの向きとの相関を測定することによって、研究が可能である。

以上のような理由で、極低温を用いた素粒子の相互作用の研究が進められており、更に詳細な実験が切望されている。