



清水裕彦教授

- *清水裕彦 教授 Hirohiko Shimizu, Prof.
- 北口雅暁 准教授 Masaaki Kitaguchi, Assoc. Prof.
- 広田克也 特任准教授 Katsuya Hirota, Assoc. Prof.
- 森嶋隆裕 特任講師 Takahiro Morishima, Lecturer.
- 市川 豪 特任助教 Go Ichikawa, Assist. Prof.
- 土川雄介 特任助教 Yusuke Tsuchikawa, Assist. Prof.
- 今城想平 特任助教 Sohei Imajo, Assist. Prof.

素粒子物理学は原子よりも小さな空間スケールでの法則を扱うことが多いため、必然的に我々が日常的に経験するエネルギー領域をはるかに超えた高エネルギー現象を扱うことになる。しかし、研究対象が高いエネルギー領域にあるからと言って、実験に用いる系のエネルギーが高いとは限らない。素粒子の実験的研究は、高エネルギー加速器を用いて素粒子の反応を直接的に研究する方法と、高エネルギー現象が低エネルギー過程に現れる微小な効果を計測する方法とに大別される。Φ研究室は、精密測定を通じた素粒子物理学の実験的研究を主軸とする新研究室であり、低エネルギー中性子を用いた研究から着手する。

中性子は電荷を持たない。通常の実験環境では支配的な電氣的相互作用の影響を抑制することができるために、微弱な相互作用の影響を精密に観測するのに適している。使用する中性子は、運動エネルギーが数eVから数100neVにわたる低速中性子であり、量子力学的波動性が顕著に現れるエネルギー領域である (1eV=1.6×



Figure 1: 左から、北口雅暁准教授、広田克也特任准教授、土川雄介特任助教、市川豪特任助教 上段、今城想平特任助教、森嶋隆裕特任講師

10⁻¹⁹J, 1neV=10⁻⁹eV)。この波動性を利用して、低速中性子の運動を光学的に制御する中性子光学が発達したことで、長時間にわたって中性子の状態を観測することが可能になった。中性子は約15分という極端に長い平均寿命を持つのだが、実験の種類によっては、この平均寿命に匹敵する観測時間が実現している。さらに、加速器を用いた高強度中性子源が稼働を始め、極めて高い輝度の中性子ビームが利用可能となり、中性子を用いた高精度測定の新たな可能性もたらされている。中でも、国内の大強度陽子加速器研究施設 (J-PARC: Japan Proton Accelerator Research Complex) に配備されているスパレーション中性子源は世界最高の瞬間輝度を誇るものであり、Φ研ではそこに先進的中性子光学を組み合わせることで、素粒子物理学を推進することを目指す。



Figure 2: 大強度陽子加速器研究施設 (J-PARC) のスパレーション中性子源ビームポート番号BL05に配備された中性子光学基礎物理研究装置 (NOP: Neutron Optics and Physics). 中性子寿命測定のためのセットアップが見える。



Figure 3: Φ研メンバー

中性子光学と中性子寿命測定

中性子が物質中及び磁場で感じる微小なポテンシャルを制御して、中性子ビームの輸送、スピン偏極、振り分け、加減速といった光学的制御が可能である。J-PARC スパレーション中性子源のビームポート番号BL05では、素粒子研究用に10⁻²-10⁻⁷eVのエネルギー領域のビームの供給が実現している (図2)。現在は、中性子寿命の測定が行なわれている。中性子寿命は、クォーク間の弱い相互作用の強さを与える基礎パラメータであるとともに、ビッグバン宇宙における初期元素合成における基礎パラメータでもあるが、現在は、各種測定手法に基づいた測定値間の差異が、それぞれの測定誤差を超えている状態にある。我々は高強度パルス中性子ビームを利用した寿命測定の高精度化に取り組んでいる。

時間反転対称性の破れ

時間反転対称性は、CP対称性と直結した対称性であり、その破れは物質と反物質を区別する素粒子の性質を反映する。時間反転対称性が成り立つ場合には、電気双極子能率を持たない。現在までに、0でない電気双極子能率の値を観測した実験は存在しない。しかし、素粒子物理学の重要な課題である粒子と反粒子の間に存在する非対称性は、0ではない電気双極子能率を示唆する。そして、この電気双極子能率の値は素粒子の理論に極めて強い制限を与えるため、値の確定は、素粒子研究の最重要課題の一つである。実験的には、毎秒数メートルまで減速された中性子を、物質容器壁面での中性子全反射と地球重力を利用して閉込め、電磁場下でのスピン歳差周波数を精密に計測するという方法がとられる。閉込める中性子の量の増大と、中性子運動状態制御及び電磁場制御の正確さを極限まで高める必要がある。世界最高レベルにある中性子光学を最大限利用し、従来の測定感度の限界を打破することで、中性子電気双極子能率の発見を目指す。また物質中に存在する高電場を用いた中性子電気双極子能率の高感度計測の可能性も合わせて可能性を探る予定

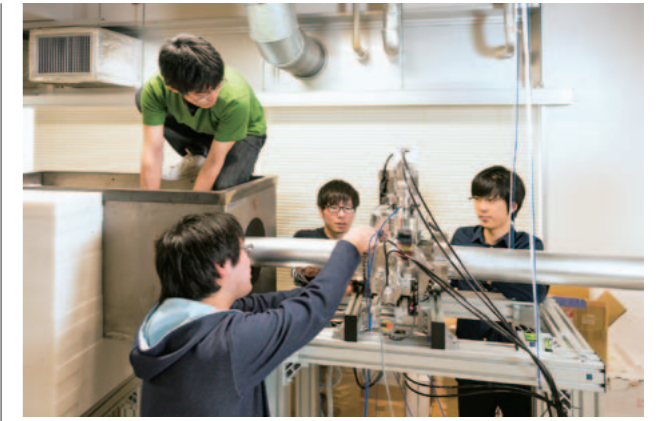


Figure 4: 加速器ビームラインを組み立てる大学院生

である。

さらに、中性子が原子核に吸収されてできる複合核状態において、空間反転対称性の破れが大きく増幅される現象が知られている。この増幅効果が、時間反転対称性の破れにも有効に働く可能性が指摘されている。このような可能性が現実のものかどうかを判定し、実際に中性子と原子核の反応の測定に際して応用可能と判明した場合には、時間反転対称性の破れの高精度測定の新たな方法もたらされる。



Figure 5: 中性子と原子核の反応の測定

重力相互作用

重力相互作用は、時空そのものに関連した相互作用であり、超高エネルギー領域では本質的になると考えられるが、これまでに発見されている四種類の相互作用の中でも極端に弱い。その弱さを説明する一つの可能性として、プランク長よりも大きな余剰次元なども議論されているけれども、素粒子間の重力相互作用は未だ解明が進んでいない。それはとりもなおさず、重力相互作用が素粒子間では無視できるほどに弱いことに原因がある。しかし、低速中性子の運動を精密に測定することで、未開拓の短距離での重力相互作用の研究に道が開かれようとしている。その一つが、中性子の原子による散乱断面積の精密測定であり、さらに中性子干渉の高精度化による測定に拡張する予定である。

以上は、現時点で想定される研究課題であり、全てはこれから始まる。今後の研究展開において、新発想が果たす役割は極めて大きい。予め想定される手法を塗り替えて行く熱意を持った若手に大きく期待する。

<http://phi.phys.nagoya-u.ac.jp/>

*連絡先 shimizu@phi.phys.nagoya-u.ac.jp FAX 052-789-5500

教授: 1/准教授: 1/特任准教授: 1/特任講師: 1/特任助教: 3/DC: 4/MC: 11