

## 【基盤研究(S)】

### 大区分B



## 研究課題名 中性子電気双極子モーメント探索による時間反転対称性の検証

大阪大学・核物理研究センター・特任教授 はたなか きちじ  
畑中 吉治

研究課題番号：18H05230 研究者番号：50144530

キーワード：素粒子、原子核、基本対称性、超冷中性子、電気双極子モーメント

### 【研究の背景・目的】

宇宙は量子揺らぎにより無から生まれ、インフレーションによる急速な膨張を経て現在の姿となった。初期宇宙は粒子と反粒子が生成・消滅を繰り返す熱平衡状態にある。宇宙は熱膨張と共に冷え、ほとんどの粒子と反粒子は対消滅をして消え、わずかに物質粒子が残った。

現在の物質優勢宇宙となるためには物質・反物質間の対称性 (CP 対称性) の破れが不可欠である。素粒子標準理論では小林・益川理論によりクォークの CP 対称性の破れが説明されている。さらに T2K 実験によりニュートリノでの CP 対称性の破れも観測された。しかし、これらだけでは現在の物質・反物質非対称性を説明するには不十分である。素粒子標準理論を越えた新しい物理が存在する。

永久電気双極子モーメント (EDM) の存在は時間反転対称性 (T 対称性) を破る。ローレンツ対称性から導かれる CPT 保存を仮定すれば T 対称性の破れはすなわち CP 対称性の破れを意味する。新しい物理が何なのかを EDM の探索をプローブとして明らかにする。

### 【研究の方法】

運動エネルギーが非常に低い ( $< 300$  neV) 超冷中性子 (UCN) を物質容器に溜め込み、電磁場中でのスピン歳差運動周期を精密に測定し、中性子 EDM (nEDM) を探索する。現在の測定感度は統計精度によって制限されている。日本とカナダの国際協力によって TRIUMF 研究所に超冷中性子源 (図 1) を建設する。これまでに開発してきた超流動ヘリウムを用いた超冷中性子発生法を発展させることにより  $10^{-27}$  ecm の感度が可能となる。

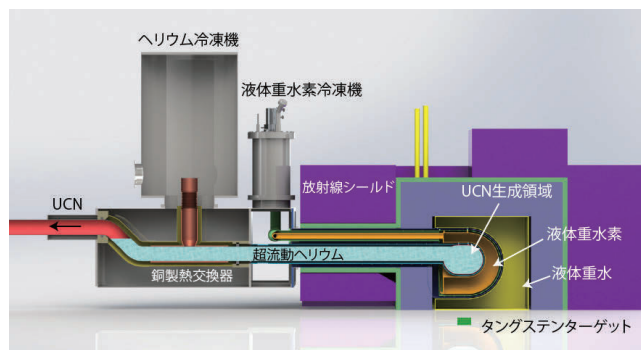


図 1 超冷中性子源模式図

UCN は陽子ビームによる重金属の核破砕反応により生じる高速中性子を冷却することによって生成する。運動エネルギーが meV までの冷却は 300 K の液体重水及び 20 K の液体重水素による中性子弾性散乱を用いて行い、さらにスーパーサーマル法を用いて UCN に変換する。

nEDM は静電磁場中に UCN を保持する容器を設置し、その中での UCN のスピン歳差運動周期を精密に観測することで行う。スピン歳差運動周期はラムゼー共鳴法を用いて測定する。実験における最大の系統誤差は磁場の非一様性及び、時間安定性である。外部磁場を補償する補償コイル、4 重の磁気シールドルームを配置し、磁場の非一様性を 1 nT/m 以下、測定期間中 (典型的に 100 秒) の時間安定性を 1 pT 以下に抑える。

### 【期待される成果と意義】

素粒子標準理論では nEDM の予想値は  $10^{-32} \sim 10^{-31}$  ecm と抑制される。一方で CP 非対称性を内包する SUSY などの新物理では  $10^{-28} - 10^{-26}$  ecm の大きさの nEDM を予想する。これまでに中性子だけでなく電子や原子核を用いて EDM の探索が行われてきたが、有限の値が観測されたことは無い。nEDM において最も感度の高い実験はフランスの Institute Laue Langevin (ILL) で行われた。この実験では nEDM の大きさに  $3.0 \times 10^{-26}$  ecm の上限値を与えている。この測定の感度は統計精度により制限されており、大強度の UCN 源を開発する本研究で、新物理の予想する nEDM 領域を探索することが可能になる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- R. Golub and J. Pendlebury, Phys. Lett. A 62, 337 (1977)
- J. M. Pendlebury et al., Phys. Rev. D. 92, 092003 (2015)
- Y. Masuda et. al, Phys. Rev. Lett. 108, 134801 (2012)

### 【研究期間と研究経費】

平成 30 年度 - 34 年度  
152,200 千円

### 【ホームページ等】

<http://fnp.kek.jp/>