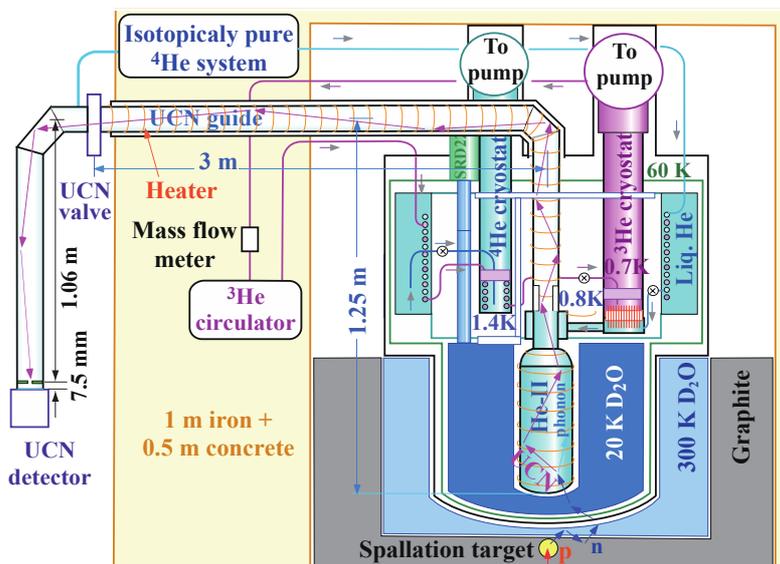


UCN グループ

宇宙におけるバリオン非対称は CP 非保存と関連している。標準理論はバリオン非対称を説明できず、新物理を必要としている。中性子電気双極子能率 nEDM は CP 非保存に起因し、様々な理論の検証に用いられてきた。新物理を検証するには、nED 測定の精度向上が必要となる。nEDM 測定の状態 of the art はグルノーブルの実験であり、測定精度は統計誤差で決まっている。つまり、測定容器内の超冷中性子 (UCN) の数で決まっている。ILL (仏)、SNS (米)、PSI (スイス)、TUM (独)、Los Alamos (米)、そして PNPI (露) は、UCN 密度を上げるため、次世代超冷中性子 (UCN) 源の建設を行っている。そして、nEDM 測定の状態誤差を小さくするため、新しい磁力計の開発を進めている。

我々の目的は、世界的にユニークな UCN 源と磁力計を用いて、nEDM 測定精度を $10^{-27} e \text{ cm}$ 以下にすることである。

UCN 源： 次世代 UCN 源では、UCN 生成に超流動ヘリウム (He-II) や固体重水素 (SD₂) のフォノンを用いているため、従来の UCN 源で問題となっていたリュービルの定理による、UCN 密度に対する制限がない。我々は、He-II を高い中性子束が得られるスパレーション中性子源内に設置している。PNPI は、我々と同様の方式を採用している。He-II 内では、UCN の寿命が長く、UCN 損失が少ない。PSI、TUM、そして Los Alamos は、中性子源



内に SD₂ を設置している。SD₂ の UCN 生成断面積は He-II より大きい、UCN 損失が問題となる。これらの研究機関は、我々と同様、UCN 源を囲む放射線遮蔽の外に UCN を取り出している。ILL と SNS は He-II UCN 源を用いているが、設置場所は、中性子源からの中性子を放射線遮蔽の外に取出すガイド管の後となっている。

図1 プロトタイプ He-II UCN 源

ガイド管に捕まる中性子束は、中性子源に対する立体角で制限されてしまう。

我々は、プロトタイプの He-II スパレーション UCN 源を建設し、UCN 源の特徴を調べ

てきた。図1は、プロトタイプ UCN 源の配置、図2は、図1の UCN バルブの下流側での UCN 計数を示している。この UCN 源で得られた UCN 密度は世界最高である。PRL に2件出版している。図3は、測定装置への UCN 移送法に改良を加えた第2世代の UCN 源を表

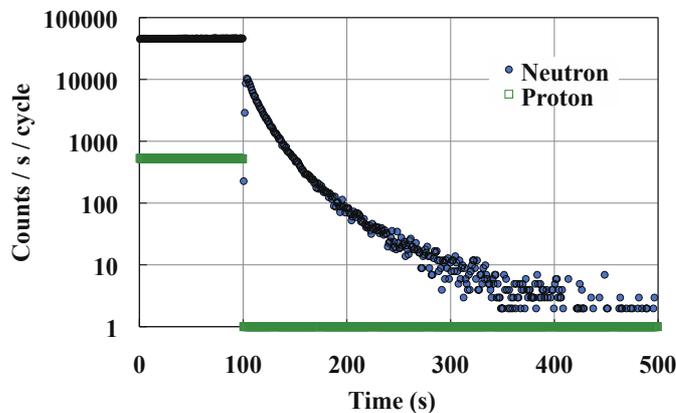


図2 プロトタイプ He-II UCN 源での UCN 生成

している。その左に EDM 装置が設置される。現在、図4に示すとおり、第2世代 UCN 源は、ほぼ完成している。35L の He-II を 0.73 K まで冷却することに成功した。

nEDM 測定：図3の He-II 内で生成される UCN は、水平方向に放射線遮蔽の外に出て、UCN ス

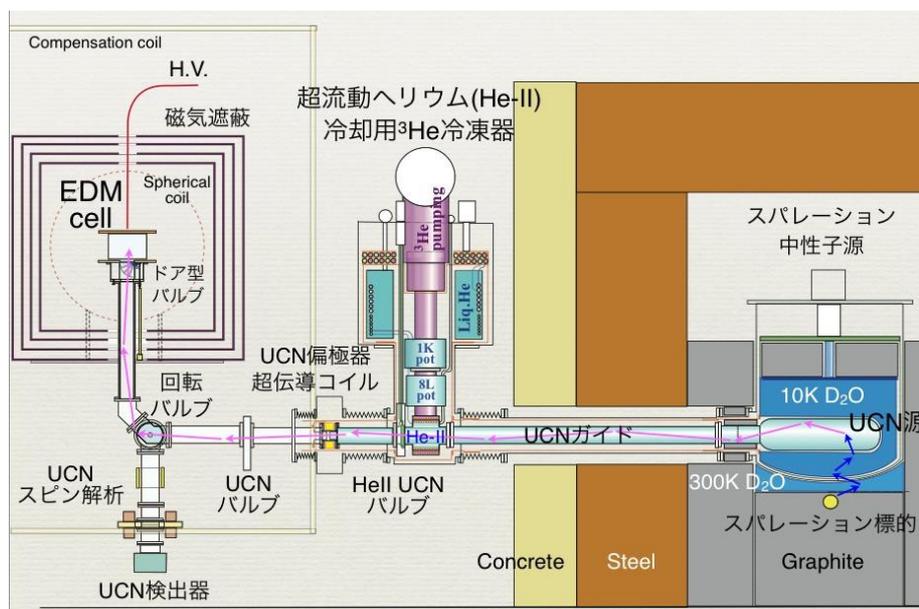


図3 第2世代 He-II UCN 源と EDM 測定装置

ピンを偏極する超伝導マグネット内で、He-II 容器の外に出て、その後、EDM 測定容器へと導かれる。測定容器には、電場と磁場がかけられる。電場と磁場の周りの UCN スピン才差運動をラムゼー共鳴で観測し、電場依存項を測定すれば、EDM が求まる。ラムゼー共鳴の観測法については、PLA に出版している。図1プロトタイプ UCN 源と図3左の EDM 測定装置を用いて行ったラムゼー共鳴の測定結果を図5に示す。現在、高電圧電極を装着した EDM 測定容器を製作中である。



図4 第2世代UCN源の建設状況 2013年度中に図3左のEDM装置を接続する予定。

幾何学的位相効果：磁場勾配に起因する横磁場、そして電場から相対論で誘起される横磁場は、測定容器内を運動するUCNから見ると、回転する。このため、才差運動が変化し、電場に比例した位相変化が生じてしまう。この変化は、幾何学的位相効果(GPE)と呼ばれている。EDM測定では磁場の安定性が重要で、測定容器に原子スピンを導入して原子スピンの才差運動を磁力計に用いる。原子スピンのGPEがより深刻となるが、バッファガスをを用いれば、GPEを抑制できる。PLAに出版した。

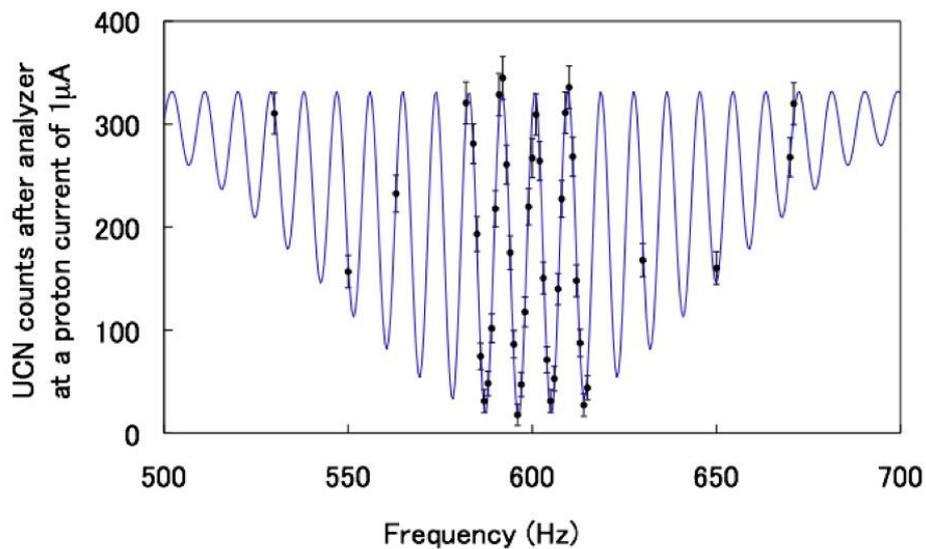


図5 ラムゼー共鳴