

## 課題名（和文）原子核の陽子放出崩壊とスピン型励起

## 課題名（英文）Proton-emitting radioactivity and spin-dependent excitations of atomic nuclei

大石 知広

国立研究開発法人理化学研究所仁科加速器研究センター

### 1. 研究目的

本研究では陽子放出をともなう放射性崩壊と、スピンを含む集団励起に着目した。両者は原子核の動力学的現象の一種である。時間依存性を考慮した理論計算を実装し、これらの実験データとの照合と理論の最適化を行った。

陽子放出は2000年代初頭に発見された新種の放射能であり、陽子過剰な不安定原子核に特有の現象である。本研究では時間依存シミュレーションを利用して、陽子放出崩壊の解明と、陽子過剰領域での予言能力の向上を狙う。

スピンを含む集団励起とは、主に磁気多重極子励起であり、最近は高精度な観測データが出揃いつつある。相対論的残留相互作用や核子クーパー対相関と密接な関連がある。

### 2. 研究成果の内容

スピンを含む集団励起： 学術論文[2023Kruzic]ではスピン自由度と関連した磁気四重極子（M2）励起の解析を行い、残留相互作用と核子クーパー対相関の影響が無視できないことを結論した。また論文[2024Hinohara]では、スピン3重項型のペアリング相関を議論した。これらの成果を、国内のワークショップ等で発表した。

陽子放出崩壊：  $^{16}\text{Ne}$  原子核の2陽子放出過程を時間依存シミュレーションによって解析した。陽子ペアが量子もつれしていること、および、共鳴の干渉によって指数関数減衰からずれた崩壊法則が成り立っている可能性を示した。現在、プレプリント[2023Oishi]として査読中である。また国際会議で研究発表を行った。

### 3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

本プログラムにより、代表者（大石知広）は並列計算を高効率で実行可能な計算機を利用できた。並列計算は、特に時間依存シミュレーションにおいて重要である。本プログラムが提供した計算機資源は、これらの数値計算的アプローチを採用した本研究において、重要な役割を果たした。

### 4. 今後の展望

後継プロジェクトでは、時間依存する量子多体系シミュレーションをさらに発展させ、陽子放出崩壊をより詳しく解明する。放出される陽子のエネルギーと寿命の関係、2個の陽子が

放出される場合の相対角度分布などを計算する。計算の精密化には既知の実験データを利用する。また 2 個の陽子が放出される際の量子もつれ強度とスピン相関を評価し、実験的に測定するためのアイデアを提出する。

## 5. 成果発表

### (1) 学術論文

[2023Kruzic] Goran Kruzic, [Tomohiro Oishi](#), and Nils Paar, The European Physical Journal A, 59, 50 (2023). [URL](#)

[2024Hinohara] Nobuo Hinohara, [T. Oishi](#), and Ken'ichi Yoshida, Physical Review C 109, 034302 (2024). [URL](#)

### (2) 学会発表

(国際会議、招待講演) [T. Oishi](#), “Time-dependent Dirac equation applied to one-proton radioactivity”, PROCON2023, University of Warsaw, Poland, June 26-30th, 2023. [URL](#)

(国際会議、招待講演) [T. Oishi](#), “Two-proton emission and its sensitivity to diproton correlation”, Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP) 2023, Toyonaka Campus, Osaka University, Japan + ONLINE, November 27-29th, 2023. [URL](#)

(国内) [大石知広](#) “Sensitivity of two-proton emission and magnetic-dipole transition to pairing model” RCNP 研究会「対相関から対凝縮相への微視的アプローチ」、大阪大学核理学研究センター (RCNP)、大阪府茨木市 (September 4-6th, 2023)。 [URL](#)

(国内) [大石知広](#) “Pairing correlation in nuclear electro-magnetic excitations and radioactive emissions” RCNP 研究会「原子核におけるスピン自由度の織り成すダイナミクス」、大阪大学核理学研究センター (RCNP)、大阪府茨木市 (December 11-13th, 2023)。 [URL](#)

### (3) その他

[2023Oishi] (Preprint) [T. Oishi](#) and Masaaki Kimura, “Interference of resonances in two-proton emission of  $^{16}\text{Ne}$ ”, arXiv:2312.15017 (2023). [URL](#)

使用計算機	使用計算機に ○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Wisteria/BDEC-01	○	30,000	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			