

## 変形原子核の集団励起のための相対論的乱雑位相近似計算

### Relativistic quasi-particle random-phase approximation for collective excitation of deformed atomic nuclei

大石知広

Faculty of Science, University of Zagreb, Croatia

#### 1. 研究目的

キーワード： 原子核理論、核構造、相対論的エネルギー密度汎函数 (REDF) 理論、場の量子論、自己無撞着平均場、準粒子乱雑位相近似 (QRPA)。

目的： (1) QRPA に準拠した、原子核の磁気双極子 (M1) 型をはじめとした集団励起の計算と、そのためのコード開発。(2) M1 励起などの実験データとの照合と、REDF 理論パラメーターの最適化。

#### 2. 研究成果の内容

原子核 M1 および Gamow-Teller 型励起の集団励起の計算。●現在査読中の論文[1]においては、M1 と GT 励起のアイソバリック・アナログ対称性の破れを議論した。本研究の REDF-QRPA 法にもとづいた計算結果からは、両者のアイソバリック・アナログ対称性が破れていること、その原因として擬スカラー型の相対論的な残留相互作用が大きな役割を果たしていることが分かった。またオープンシェル核種の場合、陽子・中性子の対相関効果により、アイソバリック・アナログ対称性が部分的に回復していることも示唆された。以上の成果は、核子のアイソスピン自由度と実際の核子集団励起の性質との間に、自明ではない関係が存在することを示した。また、元素合成過程や超新星爆発を理解するうえで重要な残留相互作用の情報を提供する。●ポスター発表[2]では、M1 励起と核物質の対称エネルギーの関係を議論した。対称エネルギーは中性子星の構造を理解するうえで重要な物理量であるが、これを M1 励起の観測量から推定できることが示唆され、相対論的エネルギー密度汎函数 (REDF) 理論の精度向上にとって有益な情報源となることが期待される。

#### 3. 学際共同利用が果たした役割と意義

学際共同利用プログラムにより、代表者 (大石知広) は遠隔地 (主に欧州クロアチアのザグレブ大学) から高性能な計算機を利用可能となった。特に並列計算を高効率で実行可能な環境が整備できた点は特筆に値する。本件が提供した計算機資源は、数値計算的アプローチを採用した本研究の進展において、重要な役割を果たした。

#### 4. 今後の展望

代表者（大石知広）は現在、変形した原子核の REDF-QRPA 計算のプロジェクトに従事している（下図1参照）。特に電気双極子（E1）およびM1型励起の競合と、天体核反応への応用についての議論を進めており、本プロジェクトにおいて開発した数値計算の枠組みは、引き続き利用することになる。

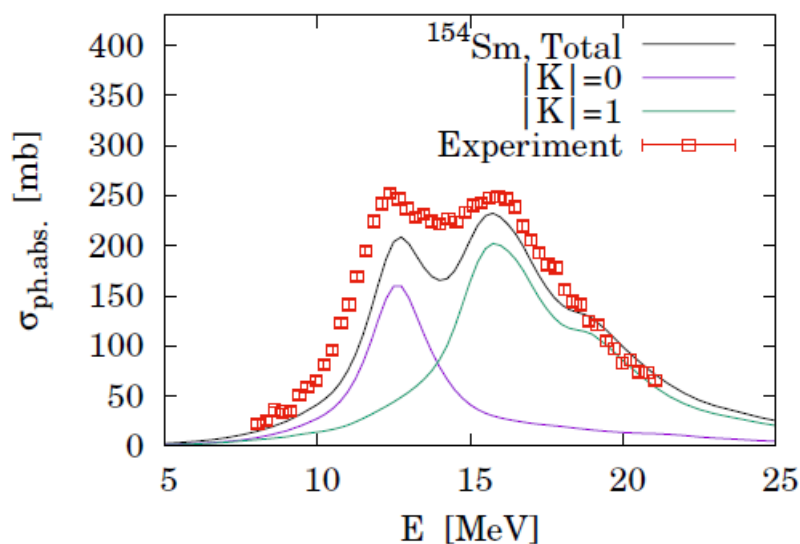


図1：変形した場合の電気双極子励起による光吸収断面積の計算結果。REDFにはDD-PC1パラメーターを使用。

#### 5. 成果発表

- (1) 学術論文 [1] Tomohiro Oishi, Ante Ravlic, Nils Paar, “Symmetry breaking of Gamow-Teller and magnetic-dipole transitions and its restoration in calcium isotopes”, arXiv:2201.00834 (2021), now under review.
- (2) 学会発表 [2] Tomohiro Oishi, Esra Yuksel, Nils Paar, “Nuclear symmetry energy in relativistic meanfield model constrained by collective excitations” (POSTER), NuSym21 Conference, 22 September - 20 October 2021, Rome and Zoom.
- (3) その他

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			
Oakforest-PACS	○	40,500	

※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。