

QRPA と GCM による二重ベータ崩壊原子核行列要素計算

Calculation of double-beta decay nuclear matrix elements using QRPA and GCM

日野原 伸生

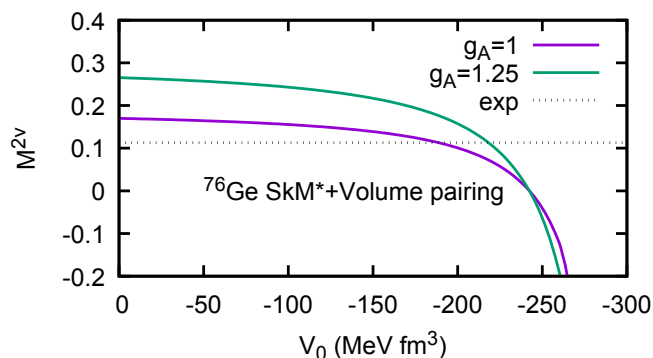
筑波大学計算科学研究センター

1. 研究目的

ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の半減期から電子ニュートリノの質量を求めるために必要な原子核行列要素の値を精密に計算し、ニュートリノの質量決定に貢献することが研究の目的である。この原子核行列要素の値は中性子-陽子対相互作用によって強く抑制されることが知られているが、その相互作用の詳細はあまりわかっていない。そのため、ニュートリノを2つ放出する二重ベータ崩壊($2\nu\beta\beta$)などの中性子-陽子チャネルの関連する実験データを評価しつつ中性子-陽子対相互作用の詳細を明らかにし、この相互作用の影響を取り込んだ原子核行列要素計算を実行する。

2. 研究成果の内容

2018 年度より原子核密度汎関数理論の有限振幅法による線形応答計算(QRPA)によって、 $2\nu\beta\beta$ の原子核行列要素を求める計算を行っている。本年度は有限振幅法のコードのベータ崩壊計算用にすでに構築されていた **Asynchronous Dynamic Load Balancing (ADLB)** を用いた MPI 並列化を二重ベータ崩壊計算に必要な複素エネルギー面上での閉曲線への拡張を行い、20 主調和振動子基底からなる現実的な計算を行った。図は SkM* エネルギー密度汎関数を用いた $^{76}\text{Ge} \rightarrow ^{76}\text{Se}$ の二重ベータ崩壊行列要素のアイソスカラー型中性子-陽子対相関依存性であり、行列対角化の手法による先行研究(Mustonen and Engel, Phys. Rev. C **87**, 064302 (2013))とほぼ同一条件でベンチマーク計算として行い、定量的な一致を得た。



$^{76}\text{Ge} \rightarrow ^{76}\text{Se}$ のニュートリノを2つ放出する二重ベータ崩壊の原子核行列要素(ガモフ・テラー部分)のアイソスカラー対相関強度 V_0 依存性。2つの軸性ベクトル結合定数に対応した計算結果。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

二重ベータ崩壊の原子核行列要素の有限振幅法による計算では、エネルギーを変えた変分計算を、興味のあるアイソスカラー対相関の強度を変えながら多数走らせる必要があり、OFP を用いた大規模並列化によって効率的に行うことができた。

4. 今後の展望

^{130}Te , ^{136}Xe , ^{150}Nd などの先行研究で議論されている二重ベータ崩壊核の計算を行い、計算結果をベンチマークしたあと、様々な原子核密度汎関数を用いた計算を行う。先行研究では計算リソースの制限により議論されていなかった二重ベータ崩壊核の計算のほか、アイソスカラー型中性子-陽子対相関の改良を行い、二重ベータ崩壊の半減期の情報を用いて相互作用の詳細の決定を行いたい。

5. 成果発表

(1) 学術論文

1. Nobuo Hinohara, "Efficient QRPA calculation for two-neutrino double-beta decay nuclear matrix element", Proceedings of Workshop on Calculation of Double-Beta-Decay Matrix Elements (MEDEX'19), AIP Conf. Proc. **2165**, 020010 (2019).

(2) 学会発表

1. Nobuo Hinohara, "Efficient QRPA calculation for two-neutrino double-beta decay nuclear matrix element", Matrix Elements for the Double beta decay Experiments (MEDEX'19), Prague, Czech Republic, May 27-31, 2019.
2. 日野原 伸生、「二重ベータ崩壊原子核行列要素の核構造計算」、東北大学電子光物理学研究センターELPH セミナー、仙台、2019 年 9 月 12 日。
3. 日野原 伸生、「有限振幅法を用いた 2 ニュートリノ二重ベータ崩壊原子核行列要素の計算」、山形大学小白川キャンパス、山形、2019 年 9 月 17-19 日。

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	○	1,000	0
Oakforest-PACS	○	25,000	0
※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。			