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

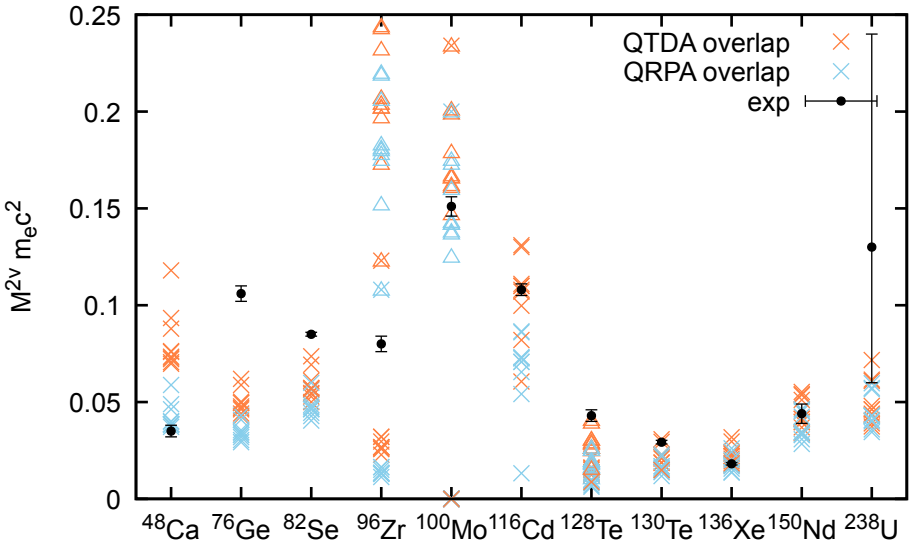
日野原　伸生
筑波大学計算科学研究センター

１．研究目的

電子ニュートリノの有効質量をニュートリノレス二重ベータ崩壊の半減期から決定するために、崩壊原子核の遷移のしやすさを表す原子核行列要素の値を精密に求め、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。原子核行列要素の値は原子核内の核子間有効相互作用、特に中性子–陽子間の相互作用に強く依存することがわかっており、半減期が測定されているニュートリノを 2 つ放出する二重ベータ崩壊(2νββ)の原子核行列要素を用いて中性子–陽子間の相互作用の不定性を減らす。

２．研究成果の内容

β 崩壊など他の関連する荷電交換過程を大域的に再現するように決定された原子核密度汎関数(相互作用)を用いて 2νββ 半減期が測定されている 11 種類の同位体の原子核行列要素を計算し、半減期から求められる値と比較を行った。これらの原子核密度



原子核密度汎関数による 2νββ 崩壊の原子核行列要素の値と実験の半減期から導出された値との比較。計算値は 10 種類の汎関数を用い、2 種類の重なり積分の手法を使っている。

汎関数は 2νββ の半減期に合わせるように決められていないにも関わらず、実験データをよく再現する結果が得られた。一部の同位体では計算値が実験値を説明できないものもあるため、2νββ の半減期を用いて中性子–陽子相関をより詳細に決定できる余地があると考えられる。また、半減期が未測定の 27 種類の同位体について原子核行列要素値の予言を行った。

３．学際共同利用が果たした役割と意義

10 種類の原子核密度汎関数を用いて 38 種類の同位体での二重ベータ崩壊原子核行列要素の計算を行った。二重ベータ崩壊の原子核行列要素はこれまでに発展させた有限振幅法を用いて効率的に計算することが可能となっているが、OFP を用いた MPI 並列計算によって、このような多くの原子核密度汎関数、同位体での行列要素計算が可能となった。

４．今後の展望

二重ベータ崩壊の逆過程である二重電子捕獲についても系統的に計算を行う。また、ニュートリノレス二重ベータ崩壊の原子核行列要素計算に同手法を応用する。

５．成果発表

(1) 学術論文

1. Nobuo Hinohara and Jonathan Engel, "Global calculation of two-neutrino double-β decay with the finite amplitude method in nuclear density functional theory", Phys. Rev. C **105**, 044314 (2022).

(2) 学会発表

1. 日野原 伸生、「2νββ 崩壊原子核行列要素の原子核密度汎関数理論による計算」、新学術「地下宇宙」2021 年領域研究会、オンライン、2021 年 5 月 19 – 21 日.
2. 日野原 伸生、「有限振幅法による 2 ニュートリノ二重ベータ崩壊原子核行列要素の系統的計算」、日本物理学会 2021 年秋季大会、オンライン、2021 年 9 月 14 – 17 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	○	900	0
Oakforest-PACS	○	27,000	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。