モンテカルロ殻模型による 水銀同位体の原子核形状の研究

東京大学原子核科学研究センター(CNS) 角田佑介

共同研究者:大塚孝治(理研仁科セ)

Motivation

変形共存の領域

126



S. Leoni et al., PRL 118, 162502 (2017)

- モンテカルロ殻模型 (MCSM)により、
 従来の殻模型計算の
 手法では困難な
 核種も計算可能に
- Ni同位体 (YT *et al.*)
 Ni領域での
 実験との共著16本







プレスリリースより引用

質量数 (A)



プレスリリースより引用



- Hg同位体 (YT et al.) プレスリリース
 「水銀原子核はハムレット」
 2018/10/02
- 実験との共著論文が
 Nature Physics誌に掲載
 B. A. Marsh *et al.* DOI:
 10.1038/s41567-018-0292-8





1次相転移が6回連続して 起きていると考えられる

プレスリリースより引用



記者会見の発表スライドより引用

- Hg同位体は陽子数80で
 魔法数82に近く、
 基底状態は
 ほぼ球形と考えられる
- 中性子数が奇数の
 ^{181,183,185}Hgでは
 荷電半径が大きくなり、
 変形していることは
 以前(1972、1977年)から
 実験で分かっていた
- CERN-ISOLDEでの
 新たな実験により、
 より軽い同位体では
 荷電半径が連続的に
 変化することが分かった



B. A. Marsh et al., Nature Physics (2018)

原子核の量子構造に関する殻模型の概要



⁹⁰Zrの場合

記者会見の発表スライドより引用

モンテカルロ殻模型 (MCSM)



MCSMによる原子核形状の解析(T-plot)

Slater行列式

'T-plot' of 0⁺₁ state of ⁶⁸Ni (Z=28, N=40)

- ・ 殻模型計算の相互作用を 用いて、
 Constrained HFにより
 Potential energy surface
 (PES)を計算
- <u>点の位置:変形度</u> 射影前のMCSM基底の 四重極変形
- 点の面積:重要さ 射影後の基底と 波動関数との overlap probability

角運動量・パリティ射影

п

MCSM波動関数

 $D^{J\pi}$

MCSM基底



Hg同位体(Z=80)

- 変形した原子核では荷電半径が大きくなる
- 荷電半径の実験値から^{181,183,185}Hgの基底状態は変形しており、
 その他の核種の基底状態は球形と考えられている
- 中性子数の偶奇によって異なる形の基底状態が現れる
- 異なる形の状態が共存しており、 中性子数 核種によってエネルギーの Neutron number 順番が入れ替わる 97 98 99 100 103 106 101 102 104 105 と考えられる 1/23 0.50 1/21 変形 0.25 $1/2_{3}^{-}$ r²>_{A-186} (fm²) 02+ 0 1 1/2-7/22 $1/2_{2}^{-}$ 1/22 平均二乗 0.00 02 • 0₁⁺ **-13/2**⁺₂ $7/2_{2}^{-}$ 荷電半径 -0.25 $1/2_{1}^{-}$ 7/2 -Literature gs/is Ō -0.50 Experiment gs/is 球形 MCSM with $\mu_{th} \sim \mu_{exp}$ 179 180 181 177 178 182 183 184 185 186 excl. via $\mu_{th} \neq \mu_{exp}$ Mass number B. A. Marsh et al., Nature Physics (2018)

Hg同位体(Z=80)



- m-scheme次元が2×10⁴²にも達する、ポスト京クラスの計算に挑戦
- T-plotの変形度から求めた荷電半径が最新の実験(CERN ISOLDE)と一致
- 磁気モーメントも実験と一致

Hg同位体(Z=80)



h_{9/2} - i_{13/2} strong quadrupole correlations (up to 8 neutrons in i_{13/2}) + strong monopole correlations (linearly dep. on # of particles)



Summary

- モンテカルロ殻模型(MCSM)によりHg同位体を計算
- MCSMの特性を用いたT-plotによる原子核形状の解析
- Hg同位体(Z=80)の基底状態は^{181,183,185}Hgで変形し、
 その他の核種は球形となるのを計算結果と比較
- 陽子h_{9/2}-中性子i_{13/2}間のモノポール核力による引力効果で 変形状態のエネルギーが下がることを示した