

核反応による原子核のスピン・アイソスピン応答の研究 ～統一的理解に向けて～

九大院理 若狭智嗣

原子核の応答、とりわけ核子 (陽子と中性子の総称) の内部自由度であるスピン・アイソスピンに関連した応答を核反応で研究することは、多体系としての原子核やその中の核力の理解を深める上で重要である [1, 2]。最近では、不安定核への研究領域の拡大や、核反応プローブの多様化と相まって、宇宙核物理 [3] や素粒子物理 [4] といった関連領域にも重要な知見を与えつつある。例えば、運動量移行 $q \simeq 0$ で支配的な、ガモフ・テラー (GT) 遷移やその共鳴状態の研究を中性子過剰な不安定核に対して行うことにより、元素合成で重要な r 過程の経路上にある原子核のベータ崩壊半減期を決める事ができる。安定核に比して圧倒的に多い不安定核に対する実験を網羅的に行うことは原理的に不可能であるので、実際には、GT 応答を決める核内核力のアイソスピン (中性子数過剰度) 依存性の知見が重要となる。ここで、アイソスピン依存性を研究する上では、その基礎となる、高精度かつスピン観測の測定も可能な安定核に対する核反応・核応答が統一的に十分な精度で理解されている必要がある [5]。以上の背景を踏まえ、以下の二つの話題について議論する。

一つ目は、「安定核の核反応・核応答は統一的に理解できるか」である。スピン・アイソスピン応答で代表的な GT 共鳴のエネルギーは、斥力の核内核力 (ランダウ・ミグダル変数では g' が対応) に敏感であるが、平均場にも依存する。近年、中性子星を含む核物質の状態方程式との関連から、原子核の中性子スキン厚 (陽子と中性子の平均場の違い) の研究が精力的に行われている。他方、軌道角運動量 $l = 1$ の双極子型応答 (SDR, AGDR) [6, 7] や、単極子型応答 (IVSM) [8, 9] から中性子スキン厚を求めるという研究も展開されている。前述の通り、原子核のスピン・アイソスピン応答は平均場と核内核力両方に依存する。講演では、これら二つの効果を同時に最適化した核応答・核反応計算に基づく解析結果から、GT や双極子応答といった低励起・低運動量領域からパイ中間子の前駆現象とも関連する高励起・高運動量領域までがどこまで統一的に理解できるかを示す。また、そこから引き出される核内核力のテンソル項の寄与についても、最近の密度汎関数理論等 [10, 11] との比較を行う。

二つ目は、「原子核のスピン応答のアイソスピン依存性」である。近年、理研 RIBF や米国 NSCL を中心として、不安定核のスピン・アイソスピン応答、特に GT 応答・共鳴が精力的に研究されている。GT 応答・共鳴は主にはランダウ・ミグダル変数 g' で支配されるが、安定核では一定である事が知られている [2]。 g' は GT 応答の分布、すなわちベータ崩壊しきい値以下の強度を決めるため、 r 過程の経路上にある中性子過剰な不安定核に対する g' 、すなわち g' のアイソスピン依存性を実験的に明らかにする必要がある。そこで、二重魔法数核 ^{132}Sn [12] や最近の RIBF 等での実験結果 [13, 14] に基づき、GT 応答・共鳴のアイソスピン依存性について議論する。

参考文献

- [1] F. Osterfeld, *Rev. Mod. Phys.* **64**, 491 (1992).
- [2] M. Ichimura, H. Sakai, and T. Wakasa, *Prog. Part. Nucl. Phys.* **56**, 446 (2006).
- [3] K. Langanke and G. Martínez-Pinedo, *Rev. Mod. Phys.* **75**, 819 (2003).
- [4] F. T. Avignone, S. R. Elliott, and J. Engel, *Rev. Mod. Phys.* **80**, 481 (2008).
- [5] M. Ichimura, T. Wakasa, and H. Sakai, *Proceedings of Spin 2004*, 641 (2005).
- [6] K. Yako, H. Sagawa, and H. Sakai, *Phys. Rev. C* **74**, 051303(R) (2006).
- [7] J. Yasuda *et al.*, *Prog. Theor. Exp. Phys.* **2013**, 063D02 (2013).
- [8] K. Miki *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 262503 (2012).
- [9] S. Noji *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **120**, 172501 (2018).
- [10] Li-Gang Cao, Shi-Sheng Zhang, and H. Sagawa, *Phys. Rev. C* **100**, 054324 (2019).
- [11] Z. Wang, T. Naito, H. Liang, and W. H. Long, *Phys. Rev. C* **101**, 064306 (2020).
- [12] J. Yasuda *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **121**, 132501 (2018).
- [13] K. Yako *et al.*, *RIKEN Accel. Prog. Rep.* **45**, v. (2012).
- [14] M. Kobaytashi *et al.*, *JPS Conf. Proc.* **1**, 013034 (2014).