

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 核構造におけるテンソル力と隠された相互作用の研究

大阪大学・核物理研究センター・教授 谷畑 勇夫

たにはた いさお

谷畑 勇夫

研究分野：原子核物理学

キーワード：原子核理論、原子核実験、核構造、テンソル力、パイオン、中性子過剰核

【研究の背景・目的】

不安定核ビームの開拓により中性子ハローや中性子スキンの発見など原子核の基本的な性質である密度分布の常識が覆され、構造の変化による核励起（例えばソフトな励起の）や反応過程ダイナミクスの変化も見出されてきた。そのような不安定核の研究の進展にともない、最近まで不動のものと考えられてきた魔法数が、中性子過剰核では、大きく変化することが発見された[1]。

魔法数の変化は、これまで隠されていた相互作用が現われ殻構造を変化させているという、新しい視点を生み出した。中性子過剰核での魔法数 8, 20 の消滅と 16 の出現は、価陽子と価中性子数のしめる軌道が大きく違うので、テンソル力の効果が現れたとの見方での説明が可能である[2]。しかしながら、元々核力の中で原子核の引力エネルギーの半分程度もあるテンソル力を摂動として取り扱うだけで良いのか、大きな疑問が生まれる。実際そのような理論的取り組みが始まっており、パイオンを含めた平均場模型やテンソル力をはじめから陽に含めた新しい殻模型の構築が始まっている[3]。テンソル力が引き起こす物理を明白な形で理解することが核物理の基礎として必要とされるようになった。

【研究の方法】

湯川が導入したパイ中間子は原子核の形成に重要な役割を果たすことは知られているが、その擬スカラー粒子の性質から生じる強いテンソル力は平均場的取り扱いはできず、その難しさからこれまではほとんど議論されてこなかった。これまで核構造模型に本格的に取り入れられてこなかったテンソル力について、その重要性和核構造への影響を実験・理論の両面から総合的な視点で解明する。陽子・中性子が大きくバランスを欠いた核の構造から、テンソル力の物理を研究するとともに、ほかにも隠されているかもしれない核子間相互作用を探る。実験手法としては核子あたり 20 MeV 付近と数百 MeV 以上の安定核や中性子過剰核での核子移行反応との測定が中心である。

本計画では三つの観点から以下の様な実験的・理論的研究を総合的に行う。

実験 1. 核内核子の運動量分布の 300-400 MeV/c 付近での振る舞いの測定、[4]

実験 2. 中性子過剰核特に質量数が小さく第一原理計算が可能か、将来可能となると期待される核の核子移行反応の測定、

理論 3. 理論面でこれらの実験結果をテンソル力の効果として計算し、定量的な比較を行う。中重核での定量的記述を可能にしマジック数の本質的な物理を理論的に引き出す。[5]

【期待される成果と意義】

テンソル力の寄与を確立し、それを陽に含んだ核構造理論を構築する。そのような理論は安定核から離れた原子核の構造や性質に対してこれまでにない予言力を持つことが期待される。

そのような構造理論を持ったときには現在の実験的手法では直接研究が不可能な R-過程の原子核などの正確な予言が出来、元素合成の理解に対しても大きな寄与が出来る。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

[1] “New Magic Number $N=16$, near the Neutron Drip Line”, A. Ozawa, T. Kobayashi, K. Suzuki, K. Yoshida, I. Tanihata, Phys. Rev. Letters 84 (2000) 5493.

[2] “Evolution of Nuclear Shells due to the Tensor Force”, T. Otsuka, T. Suzuki, R. Fujimoto, H. Grawe, and Y. Akaishi Phys. Rev. Letters, 95 (2005) 232502.

[3] “Tensor Correlation in He isotopes”, T. Myo, K. Kato, H. Toki, and K. Ikeda, J. Phys. G: Nucle. And Part. Phys. 31 (2005) s1681. “Tensor-optimized shell model with bare nucleon-nucleon interaction for He-4”, T. Myo, H. Toki, and K. Ikeda, Progr. Theor. Phys. 121 (2009) 511.

[4] “Searching for effects of tensor forces in nuclei”, Modern Physics Letters A 25 (2010) 1886.

[5] “Extended relativistic chiral mean field model for finite nuclei”, Y. Ogawa, H. Toki, S. Tamenaga, and A. Haga, Progr. Theor. Phys. 122 (2009) 477.

【研究期間と研究経費】

平成 23 年度 - 27 年度
161,400 千円

【ホームページ等】

<http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/cnp/>