

論文内容の要旨

論文題目 Nuclear mean-field models and spin-isospin dependences of effective interactions (原子核の平均場模型と有効相互作用のスピン- アイソスピン依存性)

氏名 松尾 利明

原子核の殻構造は 1950 年代に確立され、原子核構造の研究において非常に重要な意味を持っている。我々は 50 年間もの間、殻構造がさまざまな領域の原子核について同一であるという幻想を抱いていたが、その思い込みは近年の実験により否定されつつある。不安定核ビームを用いた実験が行われるようになったのに伴い、不安定核における新魔法数 16 の出現、および魔法数 20 の消滅のような実験結果が報告されている。我々はこのような殻構造の変化を ‘Shell evolution’ と呼ぶことにする。

Shell evolution は主に殻模型対角化により研究され、有効相互作用のスピン・アイソスピン依存性が重要な役割を果たしているというメカニズムが提唱された。とりわけ、 $(\sigma_1 \cdot \sigma_2)(\tau_1 \cdot \tau_2)$ 相互作用とテンソル相互作用という二つの成分の重要性が指摘されており、それらの作用は図 1,2 に示すように、スピン-軌道分裂を狭めるような効果をもつ。しかし、殻模型対角化による研究は *sd* 殻および *pf* 殻の原子核に限られており、さらに、相互作用のスピン・アイソスピン依存性との関係が明示的に与えられてはいない。

一方、平均場計算で用いられている有効相互作用は不安定核の実験結果を反映しておらず、従来の枠組みから脱却することができていない。本研究の目的は、広範囲の原子核を単一の枠組みで記述することができるという平均場理論の強みを活かし、Shell evolution と相互作用のスピン・アイソスピンとの関係について明らかにすることである。スピン・アイソスピン依存性を明示的に取り入れた有効相互作用とし

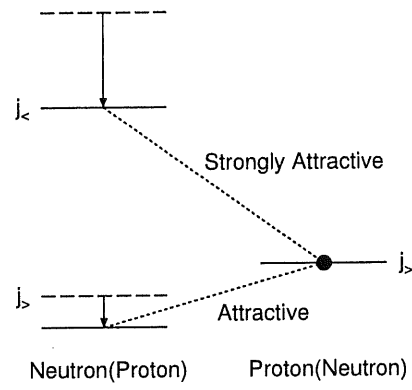


図 1: $(\sigma_1 \cdot \sigma_2)(\tau_1 \cdot \tau_2)$ 相互作用の効果.

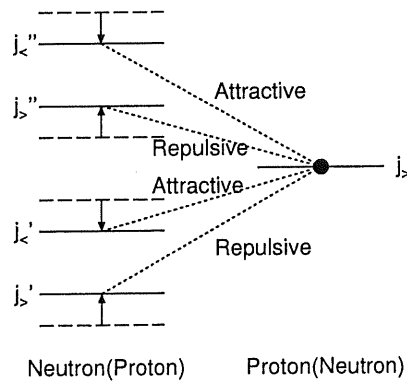


図 2: テンソル相互作用の効果

て我々は Gogny 型の相互作用を採用し、従来のパラメータの問題点を指摘するとともに、その問題を解決する新しいパラメータ GT1, GT2 を提案する。GT1 はテンソル相互作用を含まず、GT2 はテンソル相互作用を含む有効相互作用である。

新しい相互作用 GT1 および GT2 は、20 年ほどにわたり用いられてきた D1S 相互作用と比べて、原子核の結合エネルギーに関しては正確さを欠くが、以下のような興味深い結果が得られた。GT1 相互作用では、 $(\sigma_1 \cdot \sigma_2)(\tau_1 \cdot \tau_2)$ 相互作用の効果により、 ^{24}O 原子核において新魔法数 16 が出現し、それに陽子が加わった ^{30}Si 原子核ではその新魔法数が消滅することを再現できた (図 3)。それに加えて、GT2 相互作用ではテンソル相互作用の効果により、 sd 殻の軌道に核子を加えると p 殻の殻構造に変化が生じるという現象がみられた。カルシウムおよびニッケル同位体についても同様の結果が得られている。自由度の不足のため、中性子カルシウム同位体における新魔法数 34 については再現することができなかったが、一方で中性子過剰核 ^{78}Ni では、中性子スキンの発達に伴うエキゾチックな殻構造の存在を示唆する結果が得られた。

本研究は、原子核の正確な記述を目的とするものではないが、より現実的な有効相互作用を決定する上での一助となれば幸いである。

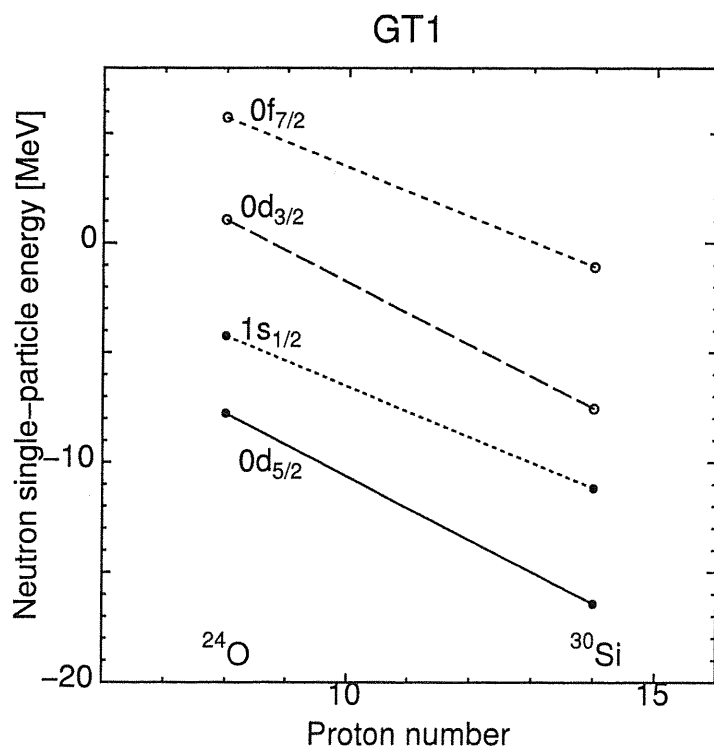
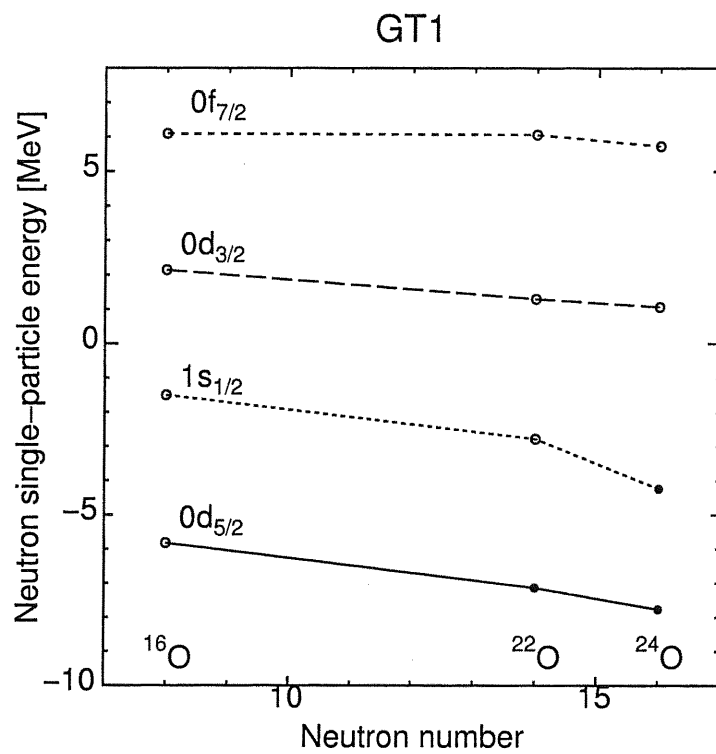


図 3: GT1 相互作用によって計算された, 酸素同位体と $N = 16$ 同中性子核の中中性子の一粒子エネルギー