

これで奇核も含めて希土類元素を統一的に理解出来るわけである。詳細は S. Iwasaki and K. Hara, Prog. Theor. Phys. 68 (1982) 1782 を参照。特筆すべきは Quadrupole pairing 力の役割で、これによって band crossing の正しい位置が決まる。この力がないと例えば ^{164}Er の back bending が $I = 8$ 位で起ってしまう(実際は $I = 12$)。理由は、この力が g-band の慣性能率を大きくする効果がある為で(これは Hara and Kusuno の論文で既に明らかにされていた)、Cranked HFB では増加分は core からの寄与として parameter の一つになっている。実際計算してみると core からの寄与はほんのわずかに過ぎず、ミュンヘンでは今や Quadrupole pairing 力はやはり重要ということが通念となっている。この力が奇核で Coriolis attenuation に重要であることは見た通りである。尚、第二 back bending は今後の課題である。

希土類元素の電磁的性質については未発表であるが、既に計算してあり、それは岩崎氏が報告してくれる事になっている。

高スピン状態における変形共存

埼玉大・教養 田 辺 孝 哉

クランキング HFB 及び温度 HFB とそれに基づく温度 RPA の定式化によって、変形核の yrast 及び、off-yrast 物理について統一的描像をえがくことを試みる。なお、今日の分光学的な核構造の理解に到達する迄の歴史的展望については、文献 1) に述べられている。yrast に沿った高スピン・高励起状態において期待される内部構造の変化については、特に ^{158}Er , ^{160}Yb の様な遷移核領域では変形共存が起ることをクランキング HFB 計算に基づいて予測し、その Mottelson-Valatin 効果との密接な関係を論ずる。平均場近似に温度を導入して一般化した定式化によって、off-yrast 領域にある高励起状態の構造を解析することができる。その最も徹底した定式化はクランキング温度 HFB 法であって、回転効果と共に温度効果ももたらす帰結として、対相関の消滅が起って正常相への転移が予測されるばかりでなく、変形した偶-偶核にスピンの 2 方向整列 (Bidirectional alignment of spin) を有する相への転移も起る。高スピン・高温状態における巨大共鳴状態からの散逸過程は温度線型応答理論によって記述することができる。

(1) 現象論的核子間相互作用として単極対相関四重極相互作用を採用して、クランキング HFB 法を適用すると yrast 準位の振舞は大変良く再現されるが、この単純な相互作用はバンド間相互作用が比較的強く、複数の軌道の核子対が回転整列に寄与するため、後方歪曲が徐々に起って鋭くならない。この難点はかなり強い四重極対相関相互作用を加えることにより取り除かれる。²⁾ 即ち、エネルギーギャップを減ずることなく変形を許し、慣性能率を大きくすることができるからであって、このことは同時に、中性子の回転整列のために生ずる g 因子の減じ方を急激なものとし、実験事実を再現する。ただし、ギャップが

既に小さい角運動量が 30 以上の状態では四重極対相関の効果は消失する。

(2) ^{16}O のコアの外側の $d_{5/2}$ 殻に 2 個の陽子と 2 個の中性子しか入らない ^{20}Ne では 8^+ に oblate の非集団運動状態が出現し回転バンドが終結する。同様の状況は $^{146}_{64}\text{Gd}_{82}$ 核の外側に数個のバレンス核子が入っている遷移領域にある希土類核 ^{158}Er , ^{158}Yb , ^{160}Yb 等にも期待される。クランキング HFB の結果は更に興味深い内容を含んでいる。即ち, prolate 変形のバンドは決して終結せず, yrast より高い準位として存続する一方, 整列した非集団運動的な殻模型状態 (x 軸の周りに対称な oblate 変形をもつ superdizzy 状態) がスピン 44 以上で yrast 準位として出現する。更に, 集団運動的で oblate 変形をもつバンド (y 軸が対称軸で, x 軸の周りの回転状態) が yrast より高いが, 近傍に共存する。かくして, 3 種の互に異なった変形状態の共存が予測された。²⁾ その後 ^{158}Er に関して行なわれた実験結果によれば整列状態がスピン 40 から yrast を構成すると共に, prolate バンドも上方に存続するように見える。³⁾

(3) クランキング HFB 計算は変形遷移が起る機構を示してくれる。変形遷移に際しては, 陽子殻の対相関ギャップが零となるやいなや r が 60° に近づく。即ち, $h_{11/2}$ 殻にある陽子が整列すると, 類似の軌道である h 殻にある中性子対も解離して整列することによって, 対相関が零であるために最も強い引力を与える $p-n$ 間の四重極相互作用が主導的に働いてエネルギーをかせぐため, 準位が yrast に下降する。この機構が有効に働くのは, 中性子数が多い変形領域よりも, 中性子の Fermi 面からそれほど深くない位置に h 殻が存在するような遷移核においてである。²⁾

(4) このような変形遷移が起るのはギャップが既に大変小さいという事実を示しているのだが, もっと系統的な Mottelson-Valatin 効果の検証のためには, 温度 HFB 理論⁴⁻⁷⁾ から, 実験から求められる陽子と中性子各々の化学ポテンシャル λ_p 及び λ_n の振舞に着目するのが最適であろう^{1,8)}。対相関ギャップが零になる点を経過すると λ_p 又は λ_n は大体一定値となることが予測される。遷移核では大体スピン 40 位になると対相関ギャップが零となるらしい。

(5) Off-yrast 領域における内部構造の変化の様子は温度 HFB 計算から予測された⁴⁻⁷⁾。特に, 変形核における低スピン状態には, 自由エネルギーの中でエントロピー項が支配的な寄与をしている特殊な相として内部スピンの整列を逆向きの回転が打消すという, スピンの二方向整列 (Bidirectional alignment) が起り得る^{4,7)}。これは, エントロピーをなるべく大きくするための機構であって, クランキング計算がこの特徴を記述するのに成功している。最近になって, 角運動量を射影した計算結果からも, このような状態が存在しそうだという結論が得られている⁹⁾。

(6) 有効相互作用の強度は, 単一粒子空間の広さに依存して変えなければ物理量を正しく再現することができないという事実は経験からも良く知られている。実際このことは, 四重極相互作用のような積分不可能な相互作用において著しい。この問題と, 粒子プラス回転子のハミルトニアンに生ずるコリオリー項の減衰因子の問題とは無関係ではあるまい。相互作用の強度 (結合定数) が単一粒子空間に必然的に導入される切断 A と系の励起エネルギー ω に依存する筈であるが, そのスケーリング則を導く方法として, くり込み群の方法を試みた^{10,11)}。粒子プラス回転子の場合, 不純物を含む金属にみられる近藤効果との類推が成り立ち, コリオリー項のスケーリング則が導かれる。特に変形領域から遷移核に移るに従ってコリオリー項が増大し, 回転描像が破れて振動スキームに移行する様子が説明できる。その場合でも, 高い

励起状態は依然回転スキームを保ったままであることも予測された^{10,11)}。

(7) 高スピン・高温状態での巨大共鳴は変形度についての情報をもたらす。その記述には温度 RPA 及びそれを含む一般的な定式化としての温度線型応答理論が適している¹²⁻¹⁴⁾。この定式化を注意深く行うことによって温度 RPA 方程式と温度 HFB 解の安定性との関係が明らかになった。巨大共鳴の準位の崩壊に伴う散逸過程の記述のためには、非 Markov 過程を含む一般的方法が適している。また、巨大共鳴の強度関数としては、従来のエネルギー和則に現われる強度関数より、ここに定義する dynamical な強度関数の方が実験に対応すると考えられる。これ等の詳細は次の話¹²⁾と2つのプレプリント^{13,14)}に述べられている。この定式化に基づく数値解析の結果は¹⁶⁶Er に関する実験を良く再現することを付言したい¹⁴⁾。

文 献

- 1) 田辺孝哉, 原子核研究 **39** (1985) 3.
- 2) K. Tanabe et al, Phys. Lett. **135 B** (1984) 353.
- 3) J. Simpson et al, Phys. Lett. **53** (1984) 648.
- 4) K. Tanabe et al, Phys. Lett. **97 B** (1980) 337.
- 5) K. Tanabe et al, Nucl. Phys. **A 385** (1981) 20.
- 6) K. Sugawara-Tanabe et al, Nucl. Phys. **A 385** (1981) 45
- 7) K. Tanabe et al, Nucl. Phys. **A 390** (1982) 385.
- 8) K. Tanabe et al, *Proc. Intern. Symp. on Nuclear Spectroscopy and Nucleon Interactions* (Osaka Univ., March 21 ~ 24, 1984) p. 107.
- 9) A. Ansari et al, Phys. Lett. **143 B** (1984) 309.
- 10) K. Sugawara-Tanabe et al, Phys. Rev. **C 19** (1979) 545.
- 11) K. Tanabe et al, *Renormalization group approach to Coriolis force and nuclear Kondo effect* (preprint).
- 12) 田辺和子, 次の講演.
- 13) K. Tanabe et al, *The thermal linear response theory for the dissipative high spin quantum states* (preprint).
- 14) K. Sugawara-Tanabe et al, *Thermal and rotational effect on giant dipole resonances in rotating nuclei at high temperature.*