

高スピンの新しい振動・回転モードの探索を！

1. 高速回転による新しい型の集団運動の生成
集団励起ソフトモードの集団性（コヒーレンス）を生成する
微視的メカニズム
例） ・超変形状態のソフト 8 重極振動、
・ Wobbling と Precession
・ Chiral vibration と大振幅 gamma 振動
2. 核構造物理学の存在意義
量子液滴としての原子核の本性(character)を理解することを目指す
このこと自体の（基礎科学としての）価値を主張することが大切
原子核の本性を理解するために、原子核をいろいろな方法で
励起させ、それらに対する応答を調べる
原子核を高速回転させることはたいへん魅力的で、
かつ、原子核のダイナミカルな性質を明らかにするのに
とても有効な手段である。
(K 君の character を知るには K 君を叩いたり、水をぶっかけたり、
ジェットゴースターに乗せるなりして K 君の反応をみたらよい)
3. 低振動数の四重極振動は有限な超流動系（原子核）
の形の量子的ゆらぎのノーマルモードである。
その性格は古典液滴の表面振動とは本質的に異なる。
このような集団現象が何故、どのように生成されるか、
その理解を目的とする微視的理論の構築は
量子多体系物理学のなかでも
最も困難でチャレンジングな課題である。
4. 1970 年代以降の高スピンプロンティアの著しい拡大にも
かかわらず、高スピンの振動モードは
ごく僅かしか見つかっておらず未知の研究領域に留まっている。
5. イラスト線の沿っての核構造の変化
1970 年代以降の研究によってわかったこと：
準粒子の角運動量整列が進む
6. 高スピンプロンティアの現在までの到達点

158Er の例

7. 現在の標準モデル=回転系での準粒子シェルモデル
8. 低振動数の振動モードが高スピンの存在するかどうか、
これは自明な問題ではない
open shell の superfluid nuclei では pairing gap,
closed shell 核では shell gap の存在が
低振動数の振動モード(2+と 3-)の出現に決定的な役割を果たしているが、
高スピンの場合はこれらの条件が失われると予想されるから
9. 超変形核では超変形シェル構造という新たなシェル構造が
形成されるので、バナナ形などのソフト 8 重極振動モードが現れる
10. 極く最近 160Er で高スピンの γ 振動が初めて見つかった。
11. 対称性の自発的破れに伴って現れる集団モードの例
 - ・軸対称性の破れ -> Wobbling mode
 - ・chiral symmetry の破れ -> Chiral vibration
これは巨視的量子トンネル現象である
 - ・空間反転対称性の破れ -> パリティ 2 重項とその分岐
これも巨視的量子トンネル現象である
12. Wobbling motion に対する二つの描像
一様回転系と物体固定主軸系
13. Wobbling スペクトルの特徴
163Lu の実験データ
なぜ odd-A 核でのみ見えているか
14. Wobbling motion が起こるためには
一定の物理的条件を満たさなければならない。
15. Wobbling motion のパラドックス
3つの慣性モーメントの非軸対称依存性
渦なし流と剛体の比較
16. 163Lu のデータを古典的概念では説明できない
準粒子の角運動量整列とシェル構造に基づく
量子ダイナミクスによって Wobbling motion が
生成されている
17. Precession motion を Wobbling の軸対称極限として
記述することができる
18. Precession mode の微視的構造
回転系 RPA では
 - ・傾斜したフェルミ面からの粒子-空孔励起の

コヒーレントな重ね合わせとして記述できる

- ・ 2つの Nambu-Goldstone モードの一つが「質量」を獲得する!!

集団励起モードが形成される微視的メカニズムと

その集団性の微視的構造を記述できることが QRPA の魅力

19. 178W におけるプロレート high-K アイソマー上の
precession バンドスペクトル

20. オブレート high-K アイソマー上の precession バンドは
観測されるだろうか

慣性モーメントが大きくなるか否かがポイント

ここで強調したいこと：

原子核の本性 (ダイナミカルな性質) は現象論的モデルの
質量パラメーター (慣性関数) に反映される。

これらの値を実験で調べることによって系の性質について
理解を深めることができる。これらをパラメーターとして
その正当性も考えずに実験データをフィットしても
理解を進めたことにならない。

良く知られている例：

軸対称変形核の回転スペクトルを特徴づける

慣性モーメントの値が剛体値と渦なし流体値の間であることから

原子核が超流動状態にあることが分かった

慣性モーメントの微視的起源を考えずに、単なる fitting パラメタと
して取り扱っている限りこのような認識には到達できない

21. 3次元非軸対称な量子液滴

角運動量ベクトルのダイナミクスの統一的記述

- ・ Wobbling の軸対称極限としての Precession
- ・ Wobbling モードに対して不安定となると 2D tilted rotation
- ・それが不安定になると 3D chiral rotation

22. Bohr-Mottelson の 1980 年の講演より：

oblate high-K isomer 上の集団励起モード探索の意義

“fascinating new form of nuclear matter”

顕著な circulation current の存在は (time-reversal の破れ)

集団励起モードの性質をどのように変えるか

- ・ Wobbling バンドが出現する物理的条件
- ・ K=2 gamma vibration との競争

23. K=2 gamma vibration の多フォノン励起がバンドを

形成する具体例(182Os)

2 4. 問題提起

Oblate high-K isomer 上に precession mode は生成されるだろうか
gamma vibration 励起とどちらがエネルギー的に好まれるだろうか

結論

Oblate high-K isomer 上にどのような集団運動が励起されるかを
実験的に探索することによって、核子の角運動量整列によって
集団ダイナミクスがどのような影響を受け、その性質を変化させるか、
私たちの核構造に対する理解を画期的に進めることができる