

2014/03/03 HPCI戦略プログラム分野5全体シンポジウム  
@富士ソフトアキバプラザ

# 大規模殻模型計算による中 重核の構造

清水則孝(東大CNS)

大塚孝治(東大理)、宇都野穰(JAEA)、本間道雄(会津大)、水崎高浩(専修大)、角田佑介(東大理)、富樫智章(東大CNS),

阿部喬(東大理)、吉田亨(東大CNS)

# 殻模型計算による核構造研究

原子核構造計算：陽子・中性子の多体問題を解く

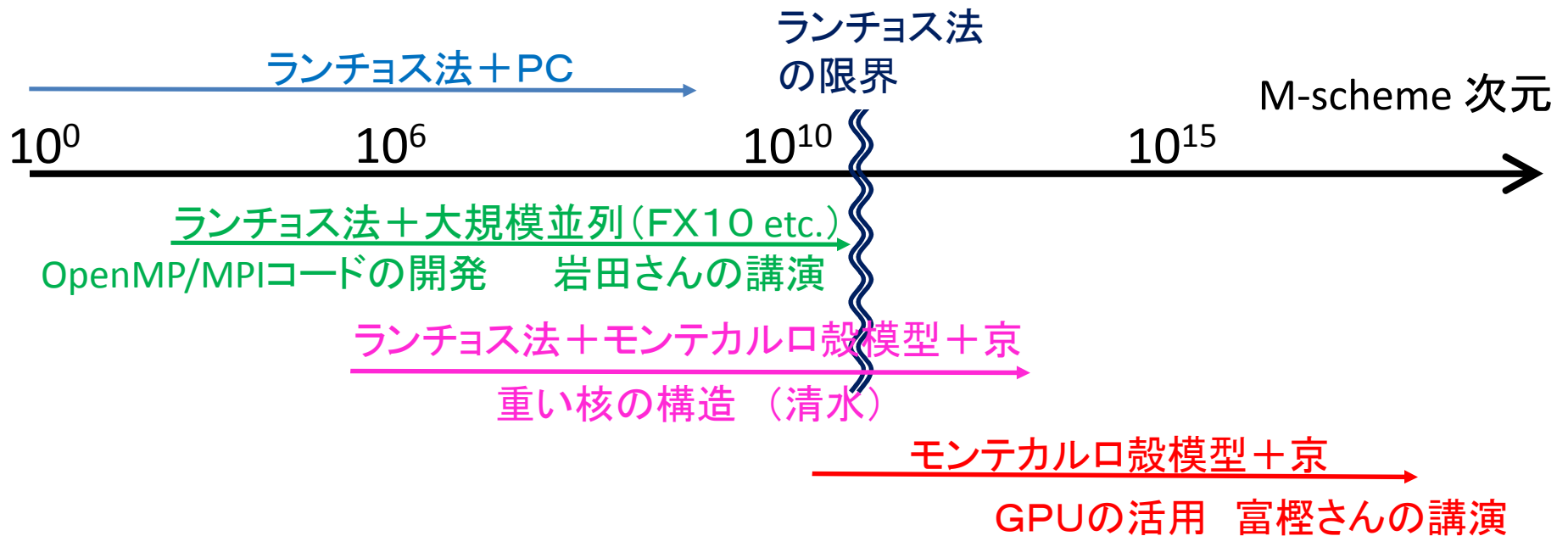
シュレディンガー方程式

$$H|\Psi\rangle = E|\Psi\rangle$$

$$|\Psi\rangle = \sum v_m |m\rangle$$

大次元疎行列の固有値問題に変換

$$\sum_{m'} \langle m | H | m' \rangle v_{m'} = E v_m$$



モンテカルロ殻模型はランチョス法の限界を破るツール、というだけでなく...

# “Intrinsic” wave function

## 平均場近似 + (角運動量) 射影

$$|\Psi\rangle = P^J |\phi(D)\rangle$$

実験室系

スレーター行列式

物体固定座標系の波動関数と解釈

## 殻模型計算

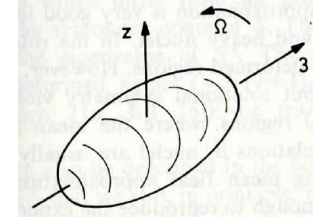
$$|\Psi\rangle = \sum_m v_m |m\rangle$$

莫大な数( $\sim 10^{10}$ )のスレーター行列式の重ね合わせ  
 模型空間内の完全な多体相関を記述  
 物体固定座標系の波動関数は得られない

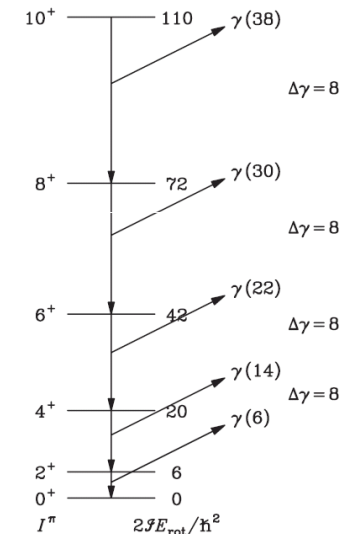
## モンテカルロ殻模型

$$|\Psi\rangle = P^J \sum_{i=k}^{N_{MCSM}} c_k |\phi(D^{(k)})\rangle$$

少数( $\sim 10^2$ )のスレーター行列式の重ね合わせ  
 物体固定座標系の波動関数と解釈



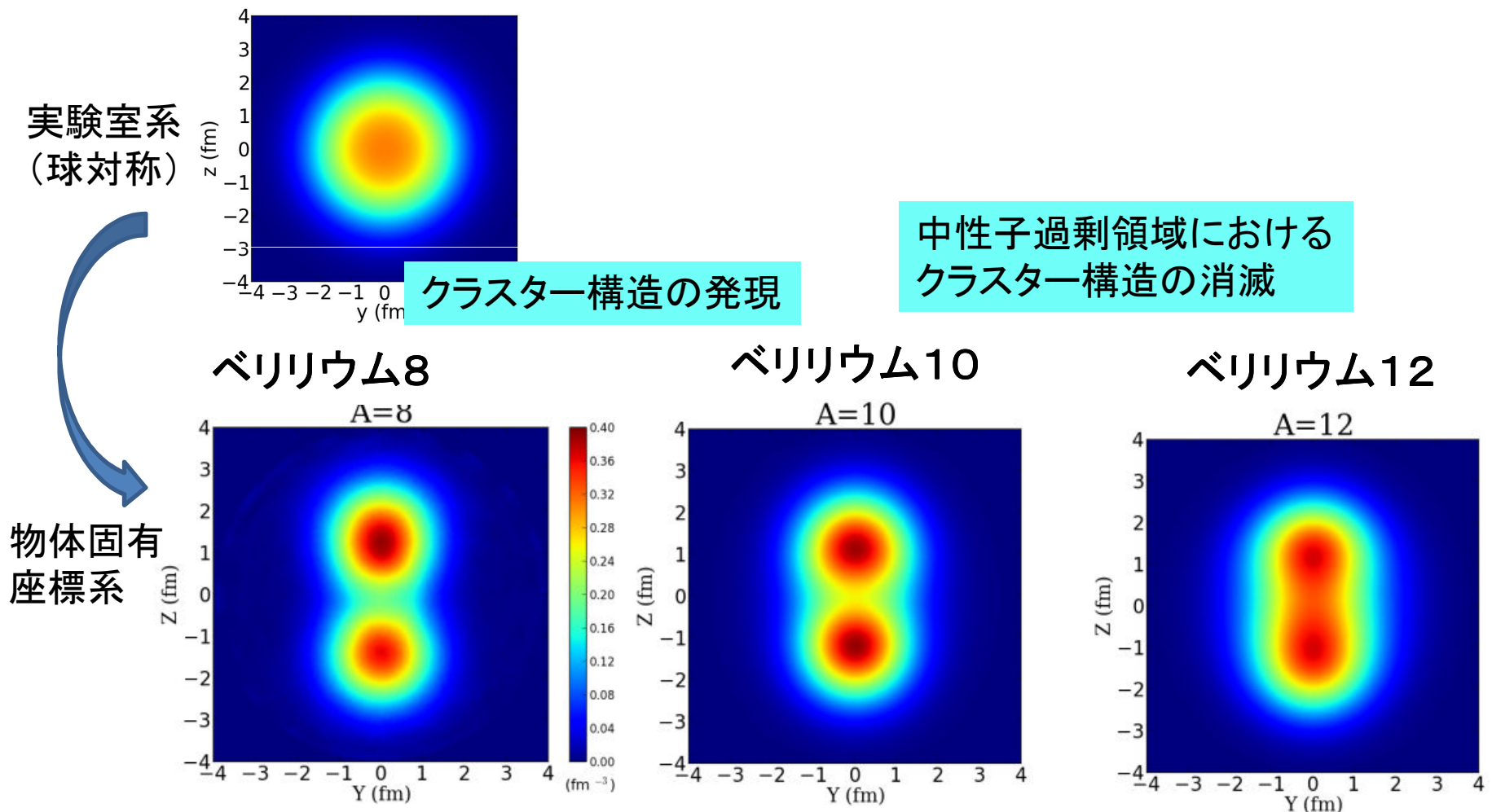
回転バンド



## ベリリウム同位体におけるクラスター構造の発現及び消滅

実験室系では球対称である偶々核の基底状態の微視的計算結果から  
物体固有座標系における密度分布を引き出す独自の手法を開発

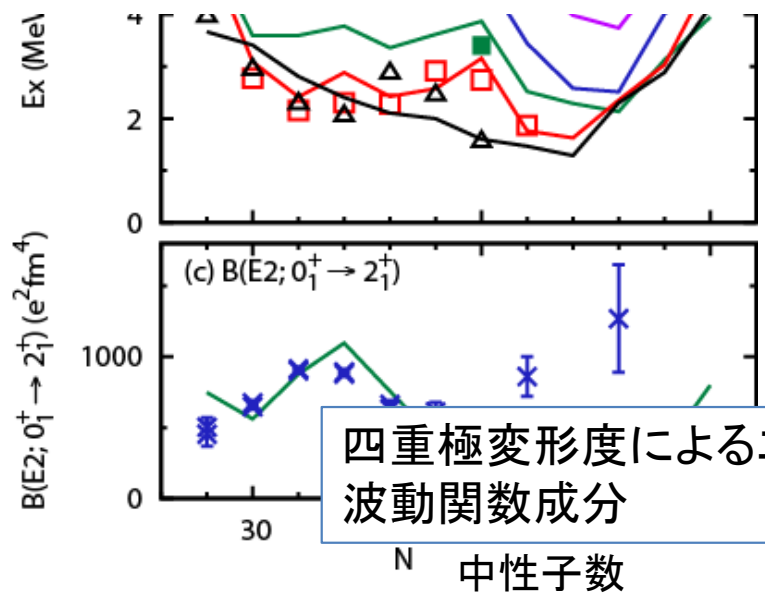
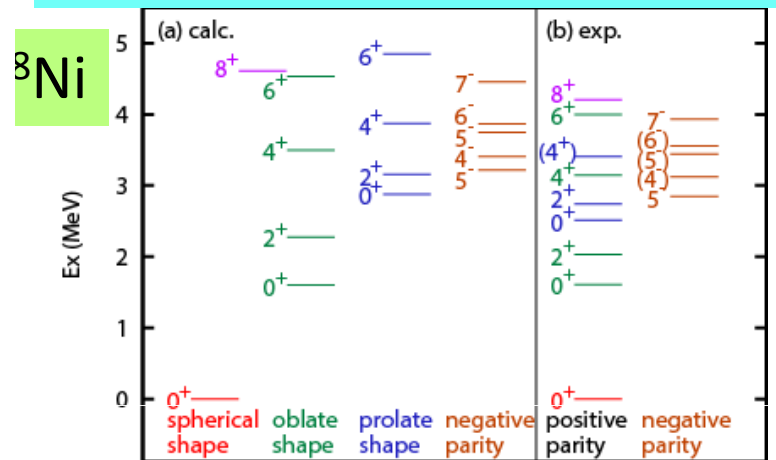
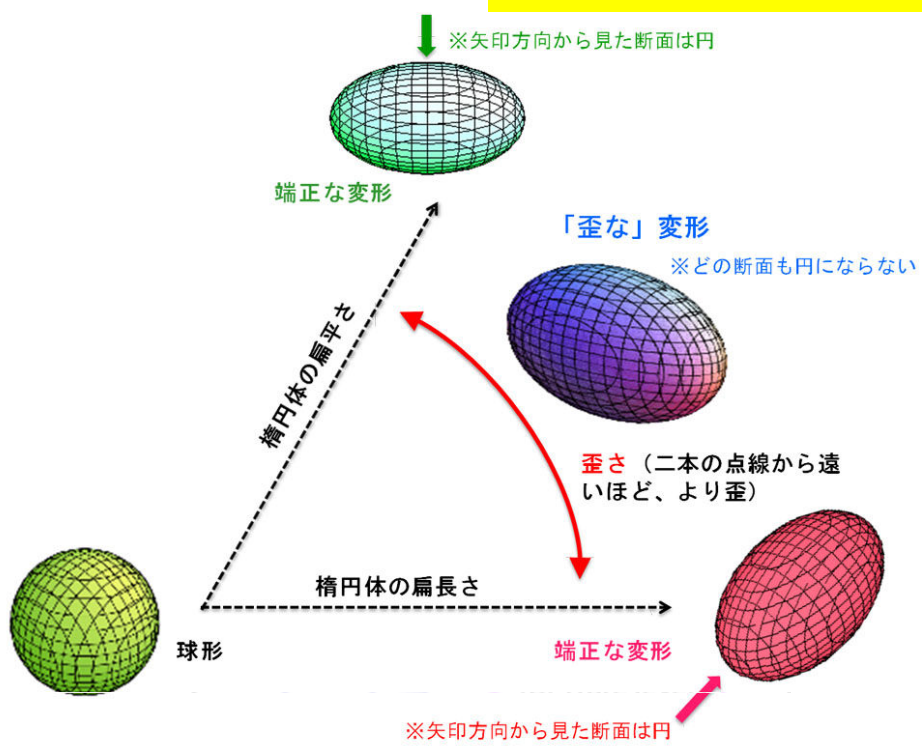
ベリリウム同位体の物体固定座標系における密度分布解析



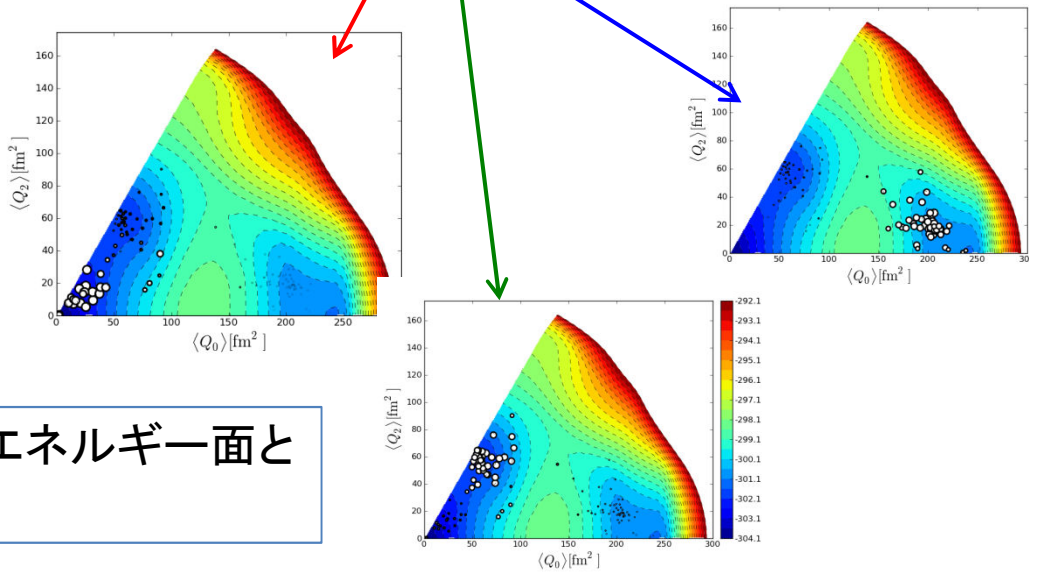


「チック アイソトープ:  
II Shell Evolution)

RI ビームによる原子核研究に原子核の  
形に関わる新たなフロンティアを開く



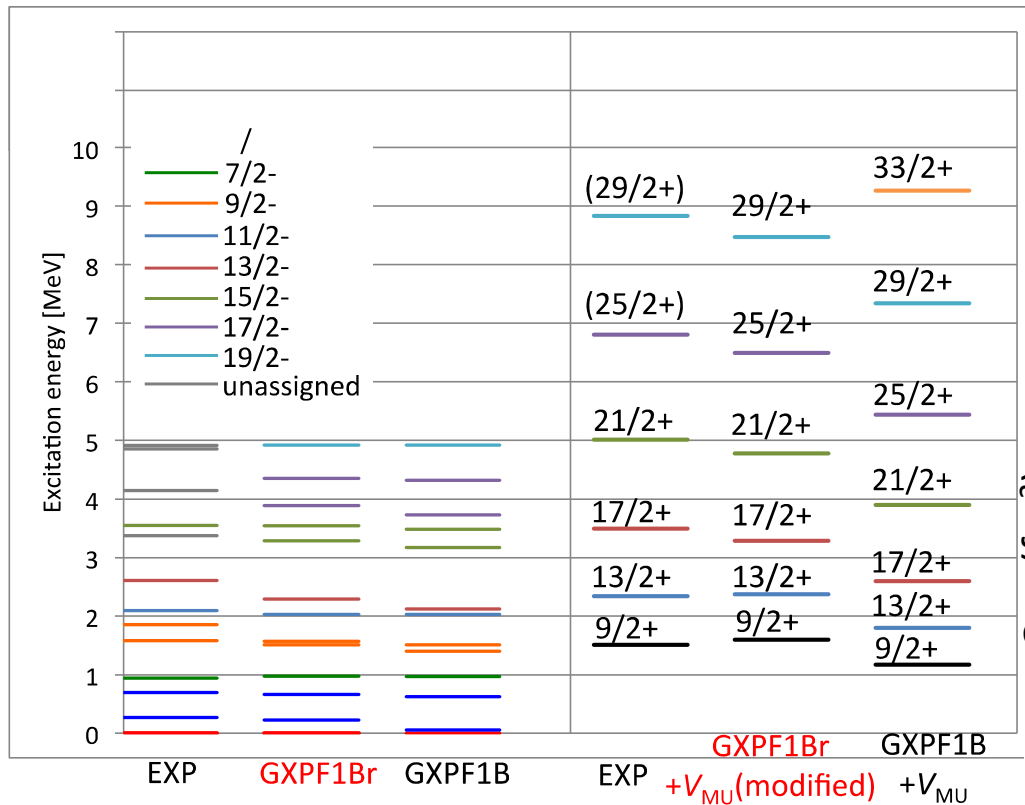
四重極変形度によるエネルギー面と  
波動関数成分



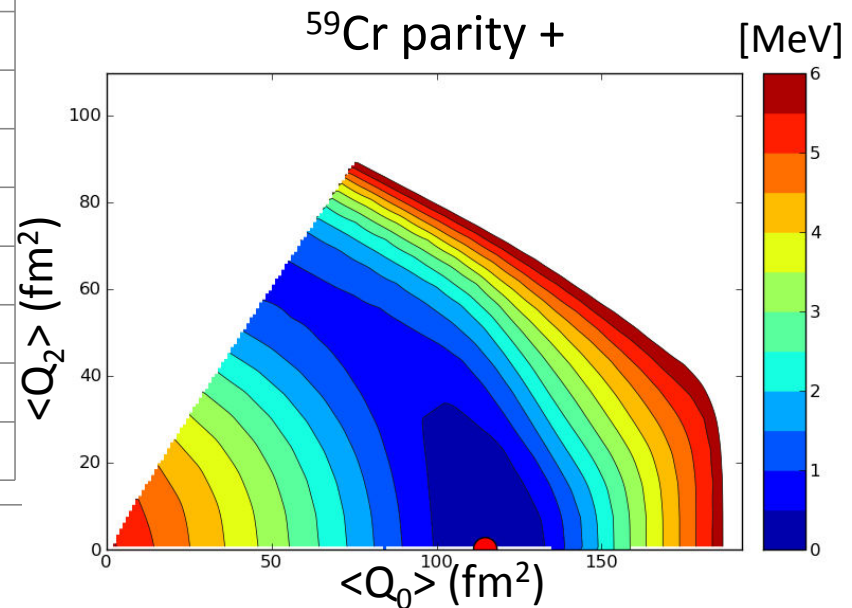
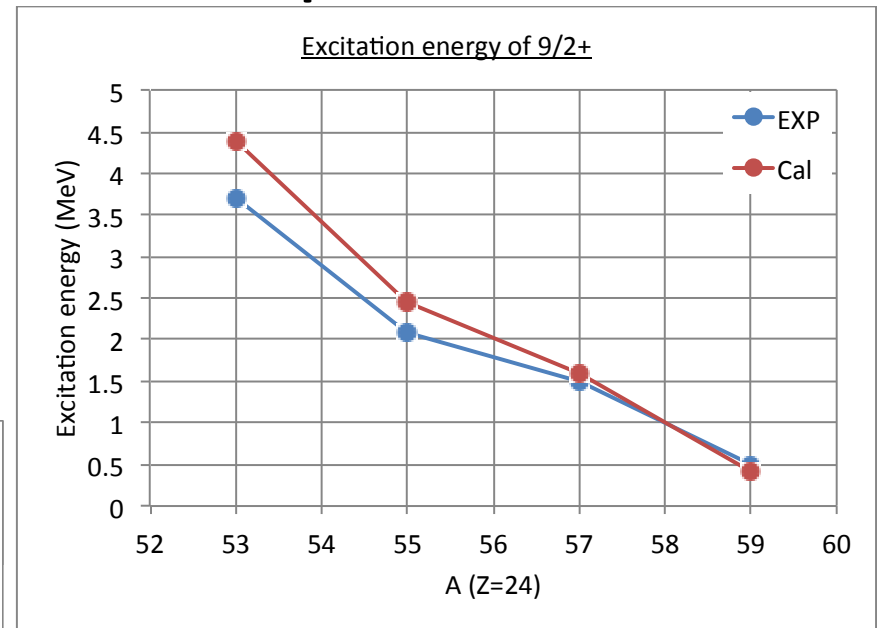
# High-spin states of odd Cr isotopes

0g9/2 shell gap?  
prolate-oblate?

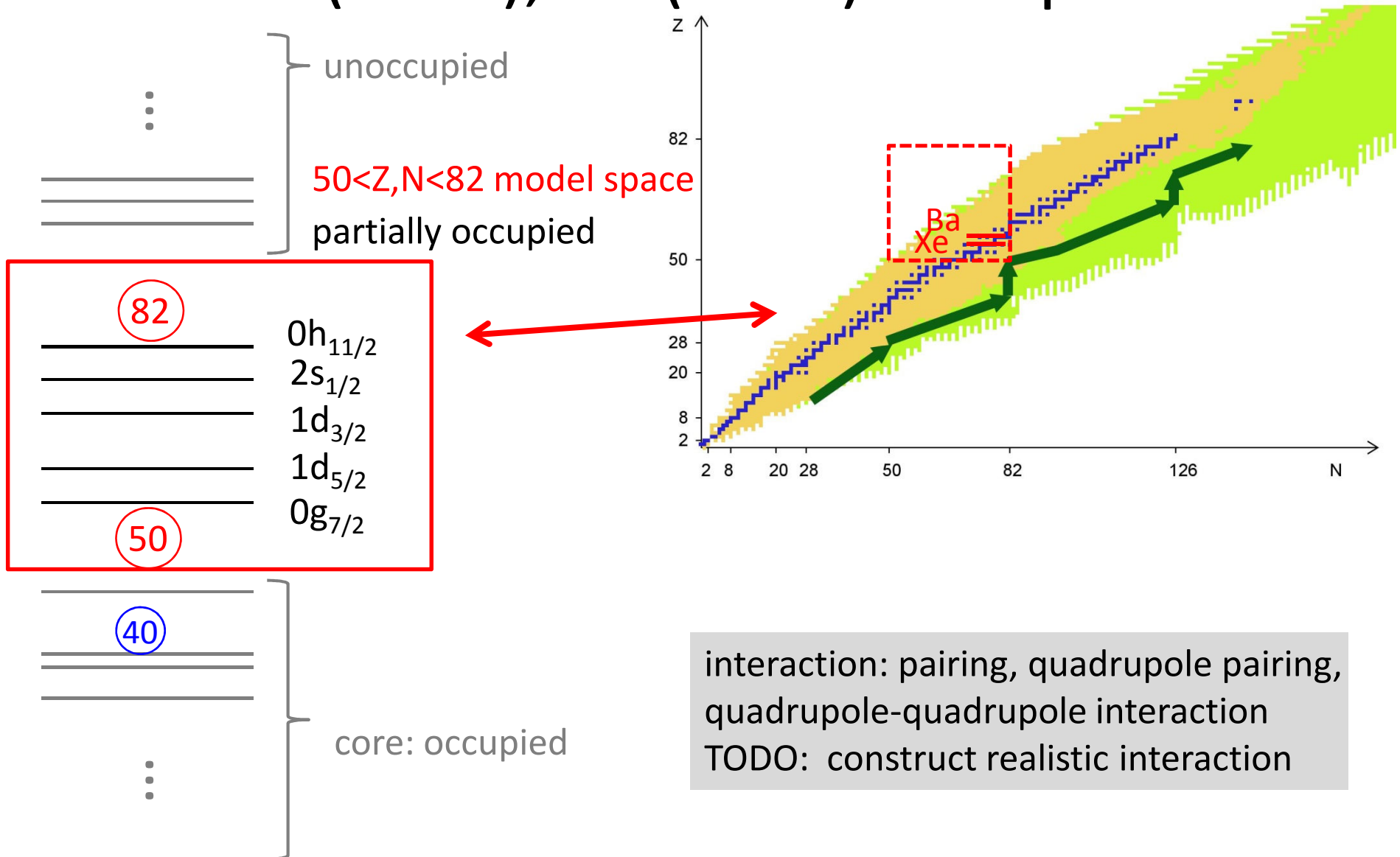
<sup>57</sup>Cr (N=33) level schemes



<sup>57</sup>Cr EXP data: A.N.Deacon *et al.*, Phys.Lett.B622, 151(2005)

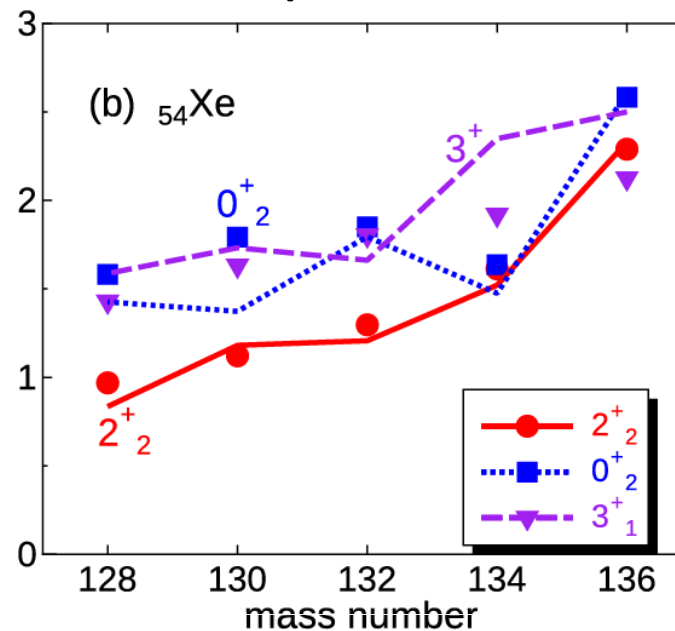
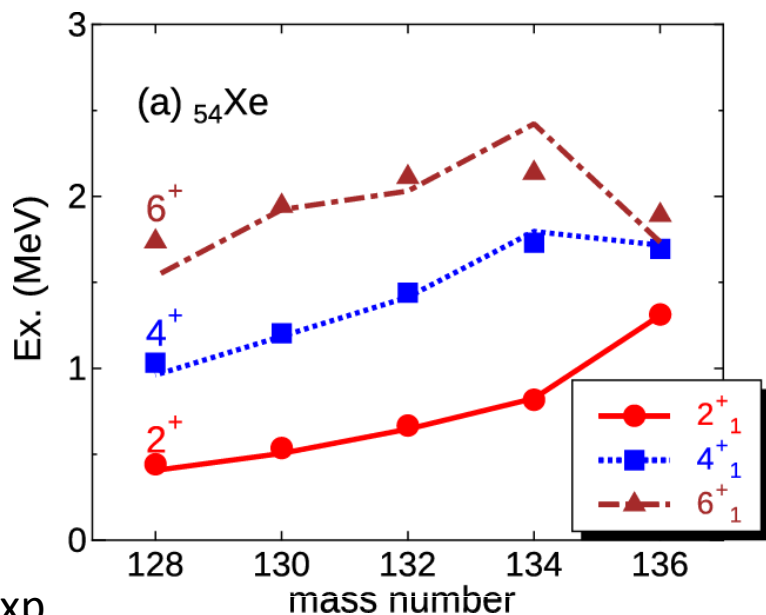


# shell model calculations of Xe (Z=54), Ba (Z=56) isotopes





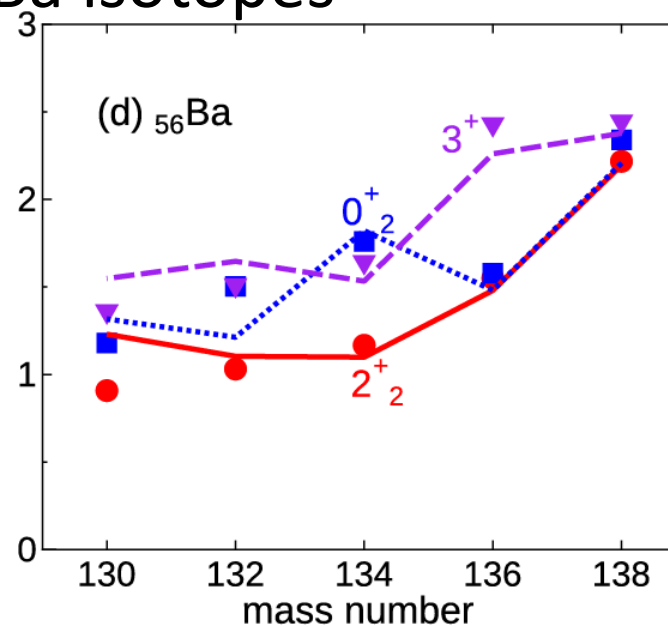
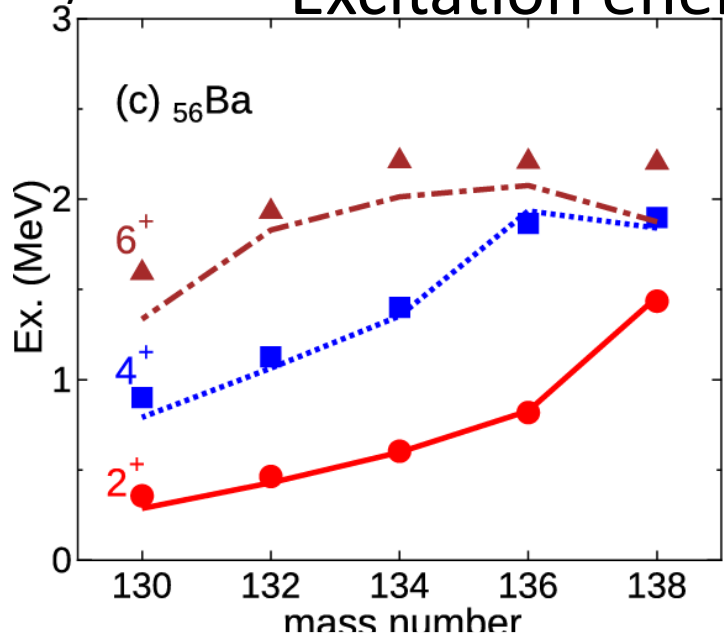
# Excitation energies of Xe isotopes



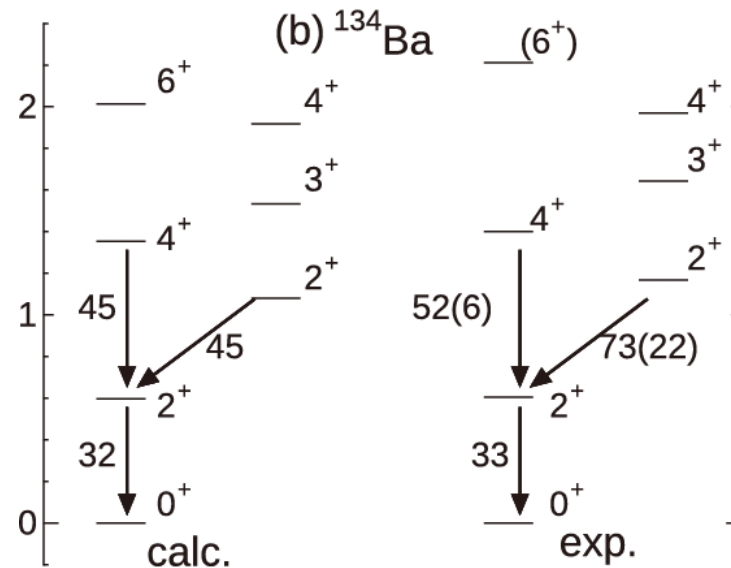
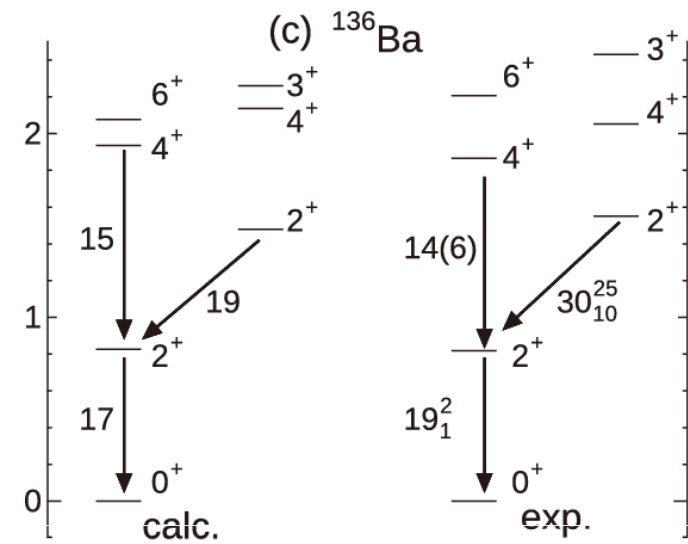
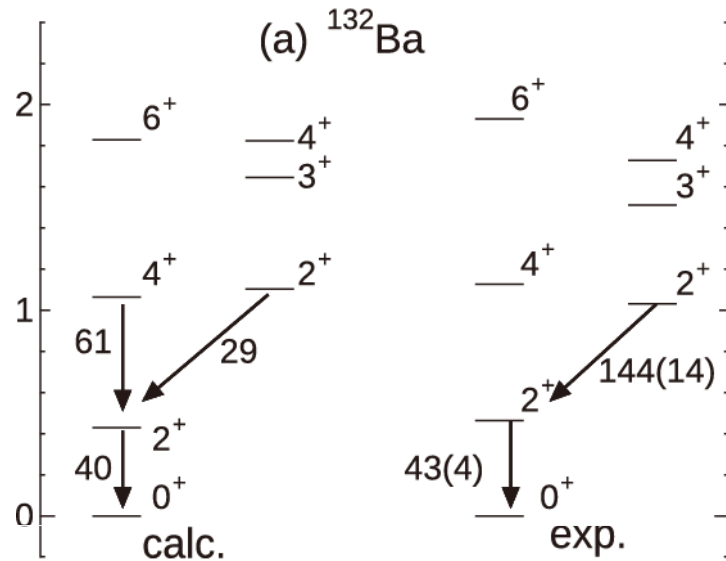
symbol: exp.

line : theory

# Excitation energies Ba isotopes



# Spectra and B(E2) of Ba isotopes

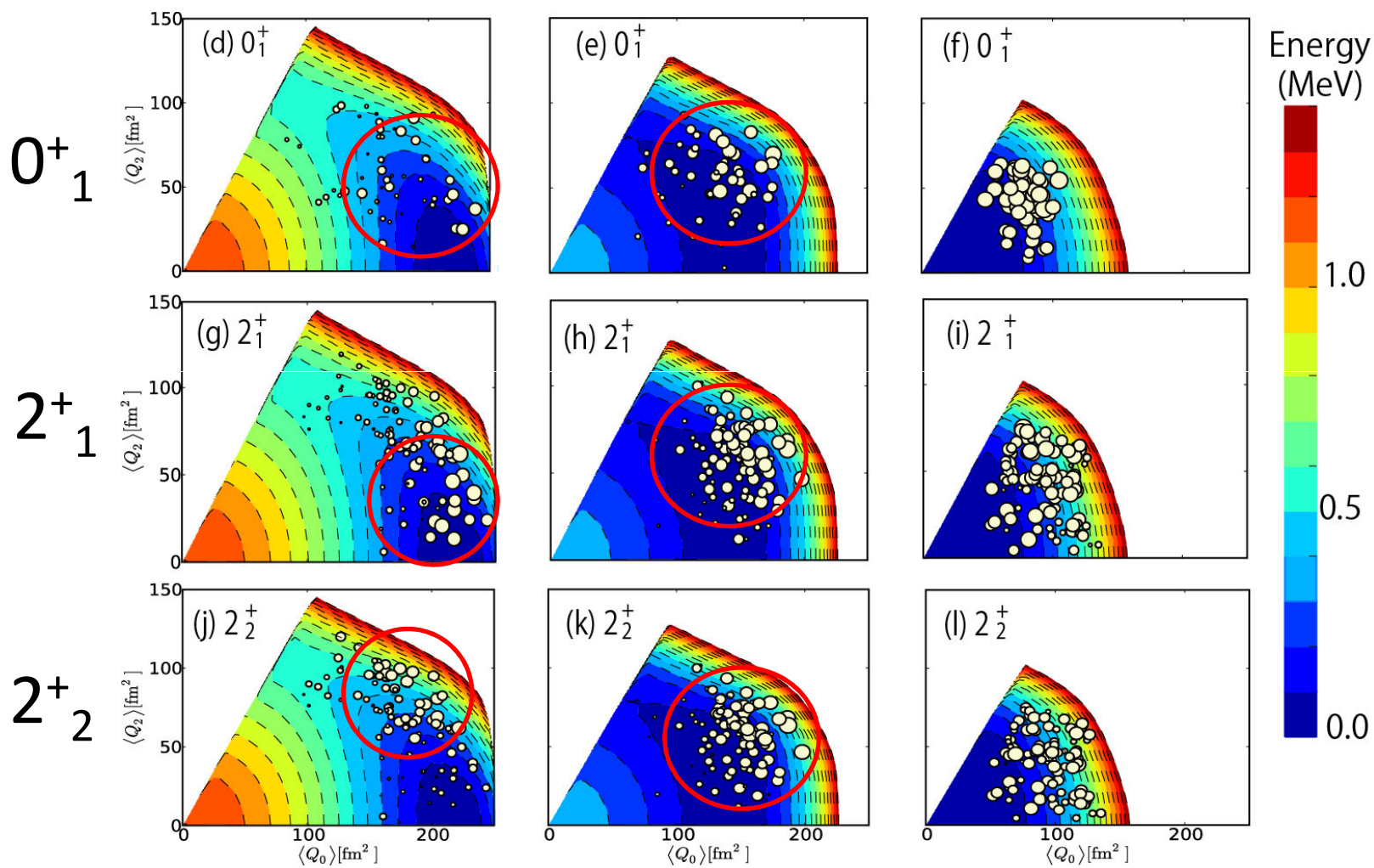


球形から非軸対称変形への  
「遷移」の微視的記述

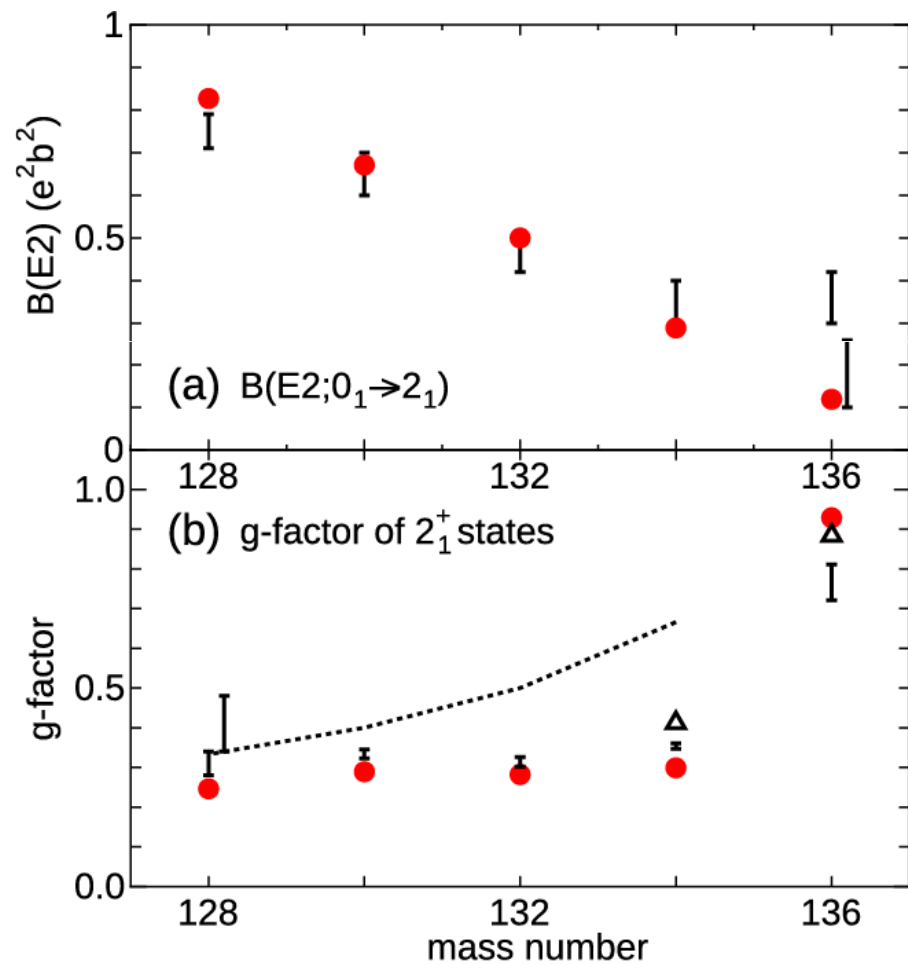
# 132Ba

# 134Ba

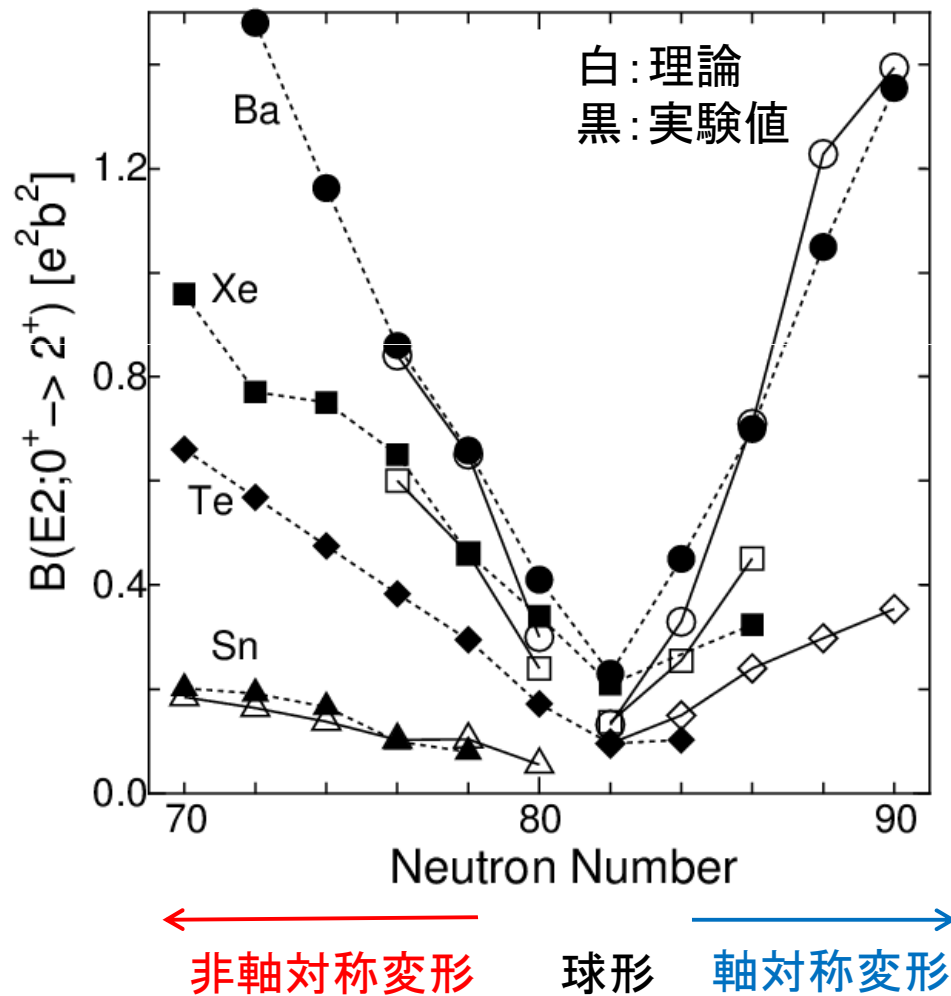
# 136Ba



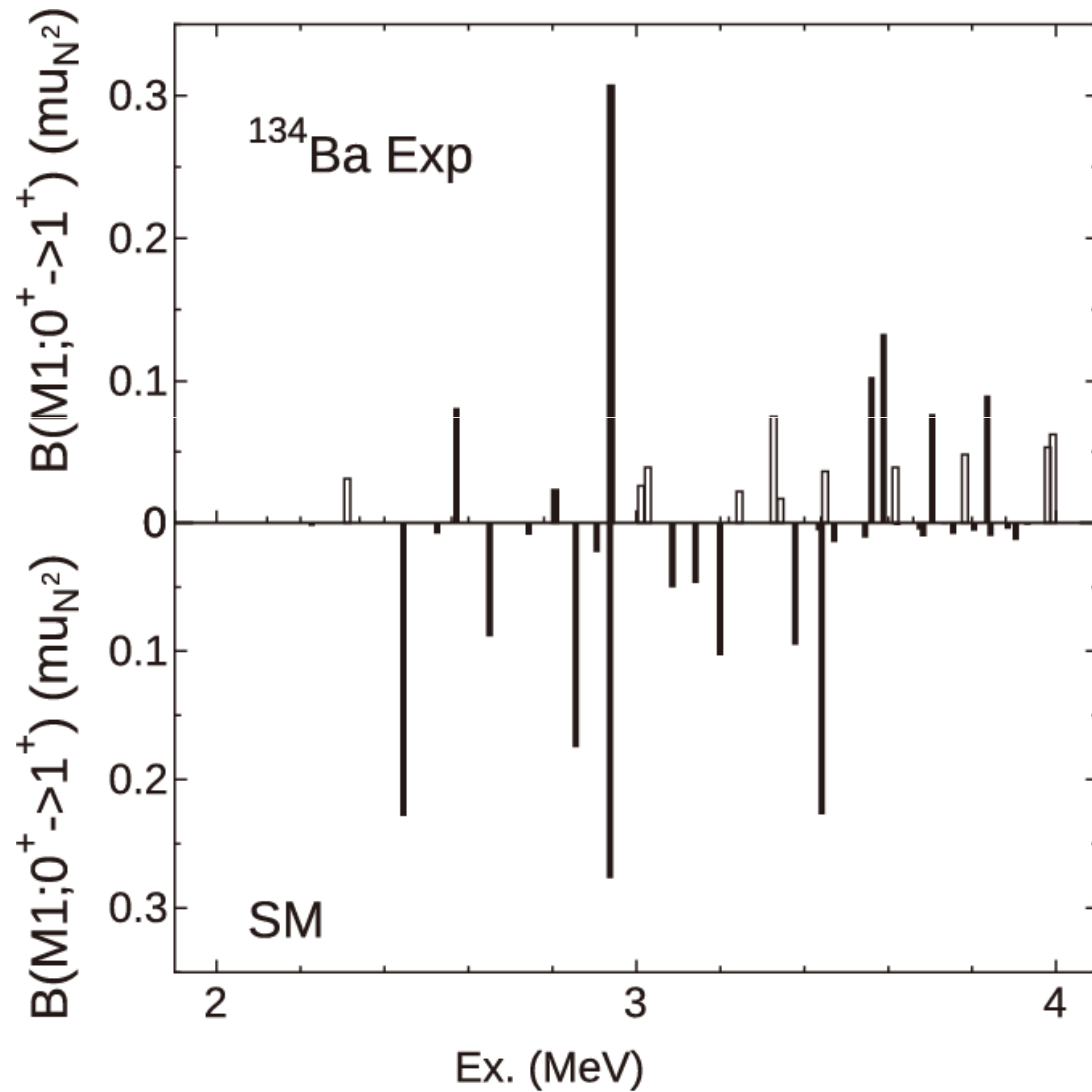
# Xe isotopes



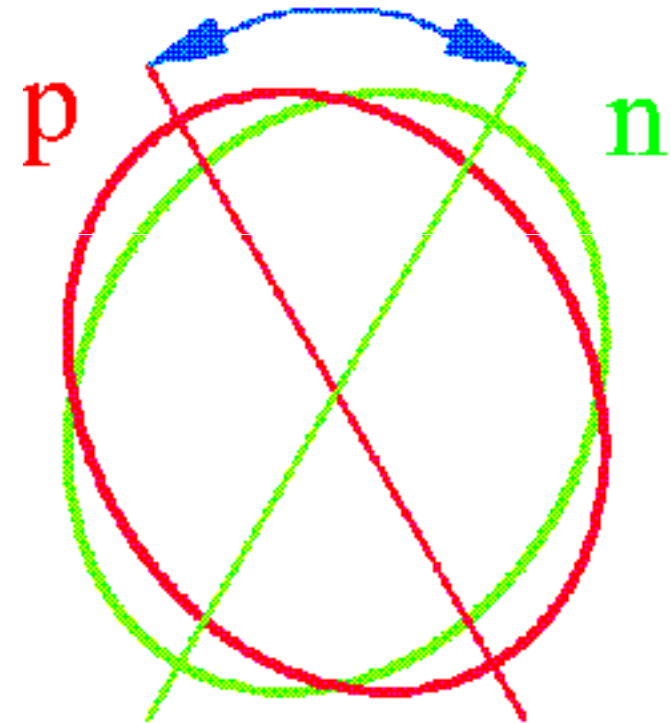
# 第一励起状態へのE2遷移



# $^{134}\text{Ba}$ の磁気双極子(M1)励起



Scissors mode



# Summary

- モンテカルロ殻模型コード+ランチョス法による超並列コードを開発し、高速・大規模な原子核殻模型計算を実行。
- モンテカルロ殻模型は、旧来型ランチョス法の壁を破るのみならず、物体固定座標系における原子核の「形」と、その“fluctuation”の議論を可能とした。さまざまな質量領域で核構造の議論をおこなっている。
- Xe, Ba同位体において集団運動状態とその間の「遷移」の微視的な記述に成功している。
- 応用へ、、、