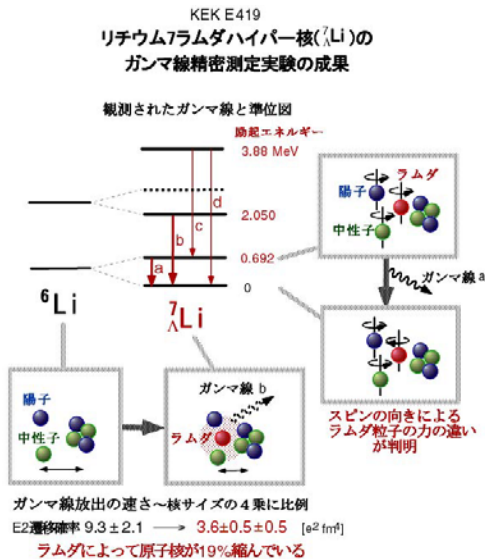


# ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ 及び ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$ 核のスペクトル に対する縮み効果の影響

萩野浩一 (東北大理)  
小池武志 (東北大理)  
谷村雄介 (東北大理)

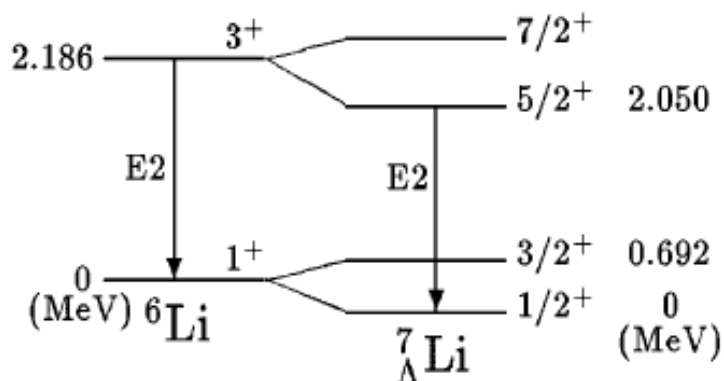
K.H. and T. Koike,  
PRC84('11)064325



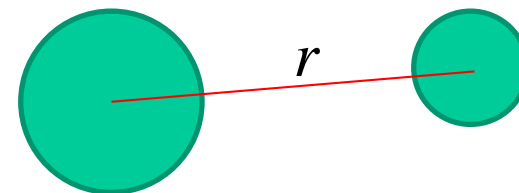
1.  $\Lambda$  粒子の不純物効果 (電磁遷移確率と縮み効果)
2.  ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$  核のスペクトル
3.  ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$  核のスペクトル: スピン軌道力の効果
4. まとめ

# はじめに： $\Lambda$ 粒子の不純物効果

## $\Lambda$ 粒子の付加によるハイパー核の縮み効果



K. Tanida et al., PRL86('01)1982



E2 オペレーター:

$$\hat{Q}_\mu = e_{E2} r^2 Y_{2\mu}(\hat{r})$$

E2 有効電荷:

$$e_{E2} = \frac{A_2^2 Z_1 + A_1^2 Z_2}{(A_1 + A_2)^2} e$$

**B(E2) の減少**

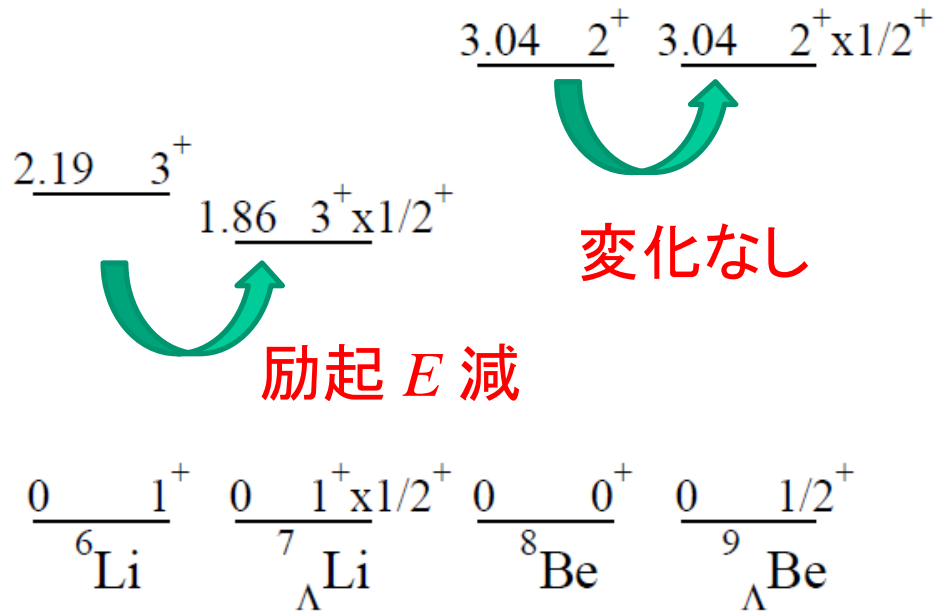


$[\langle r^2 \rangle_{i \rightarrow f}]^2$  の減少 (19%)

T. Motoba, H. Bando, K. Ikeda, PTP70('83)189

E. Hiyama, M. Kamimura, K. Miyazaki, T. Motoba, PRC59('99)2351

# ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$ 及び ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ 核におけるスペクトルの変化



cf. 古典的な剛体:

サイズの減少

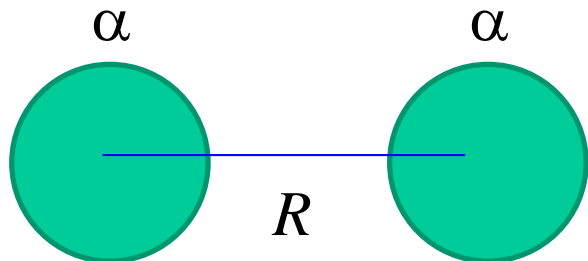
- 回転の慣性能率の減少
- エネルギー間隔の広がり  
( ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$  の場合1.54 倍)

## 我々の目的

- スペクトルに対する縮み効果の影響
- ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$  核と  ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$  核を統一的に理解する
  - ✓ 何故  ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$  核のスペクトルは変化しないのか
  - ✓ 何故  ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$  核のスペクトル間隔は小さくなるのか

# ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$ 核のスペクトル

単純な2体クラスターモデル ( $\alpha + \alpha$ ) [local, single-channel ポテンシャル]



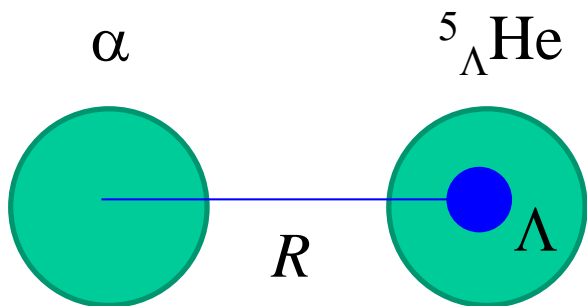
$$V_{\alpha\alpha}(R) = V_0 e^{-\beta R^2} + V_C(R)$$

B. Buck, H. Friedrich, and C. Wheatley,  
NPA275('77)246

基底状態回転帯: 2s, 1d, 0g ( $2n+L=4$ )

\*共鳴状態は束縛状態近似  
(クーロン障壁を変更)

これを  $\alpha$ - ${}^5_{\Lambda}\text{He}$  と比較



$$V(R) = V_{\alpha\alpha}(R) + \int dr_N dr_{\Lambda} \rho_{\alpha}(\mathbf{r}_N) \rho_{\Lambda}(\mathbf{r}_{\Lambda}) v_{N\Lambda}(s)$$

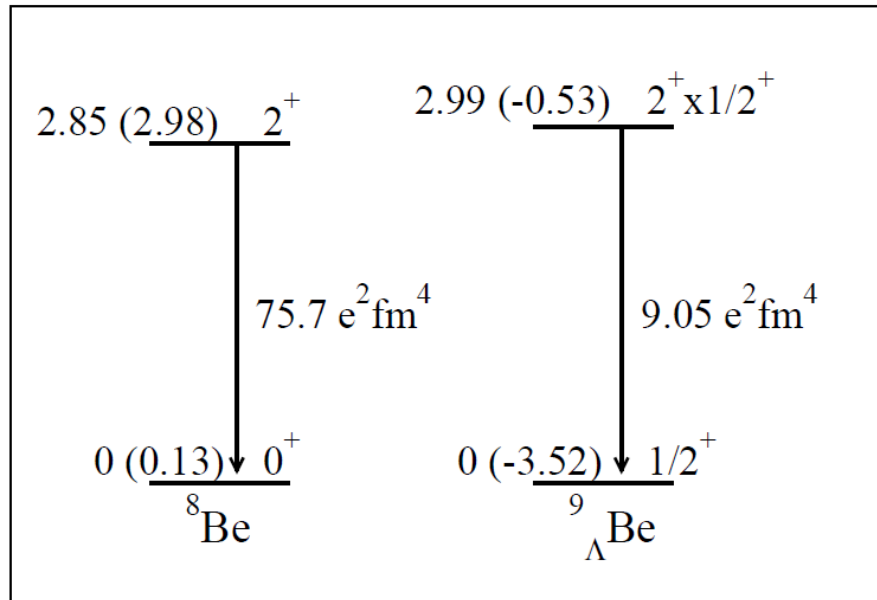
$$s = R + r_N - r_{\Lambda}$$

$\rho_{\alpha}, \rho_{\Lambda}$  : gaussian

$$v_{N\Lambda}(r) = v_0 e^{-r^2/b_v^2}$$

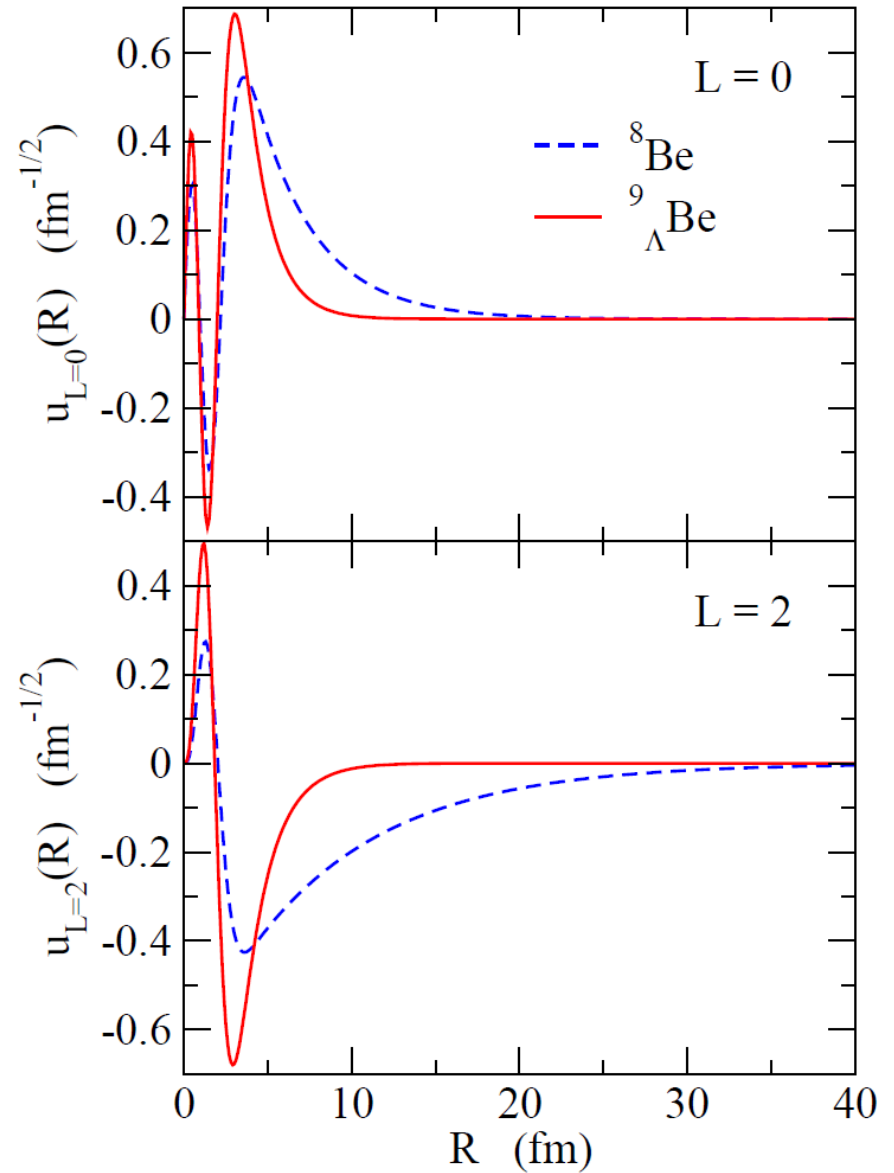
$b_v = 1.034$  fm,  $v_0$ : adjusted to  $E_{\text{gs}}$

cf. Motoba, Bando, Ikeda, PTP70('83)189



$\Lambda$ 付加により共鳴状態 $\rightarrow$ 束縛状態へ

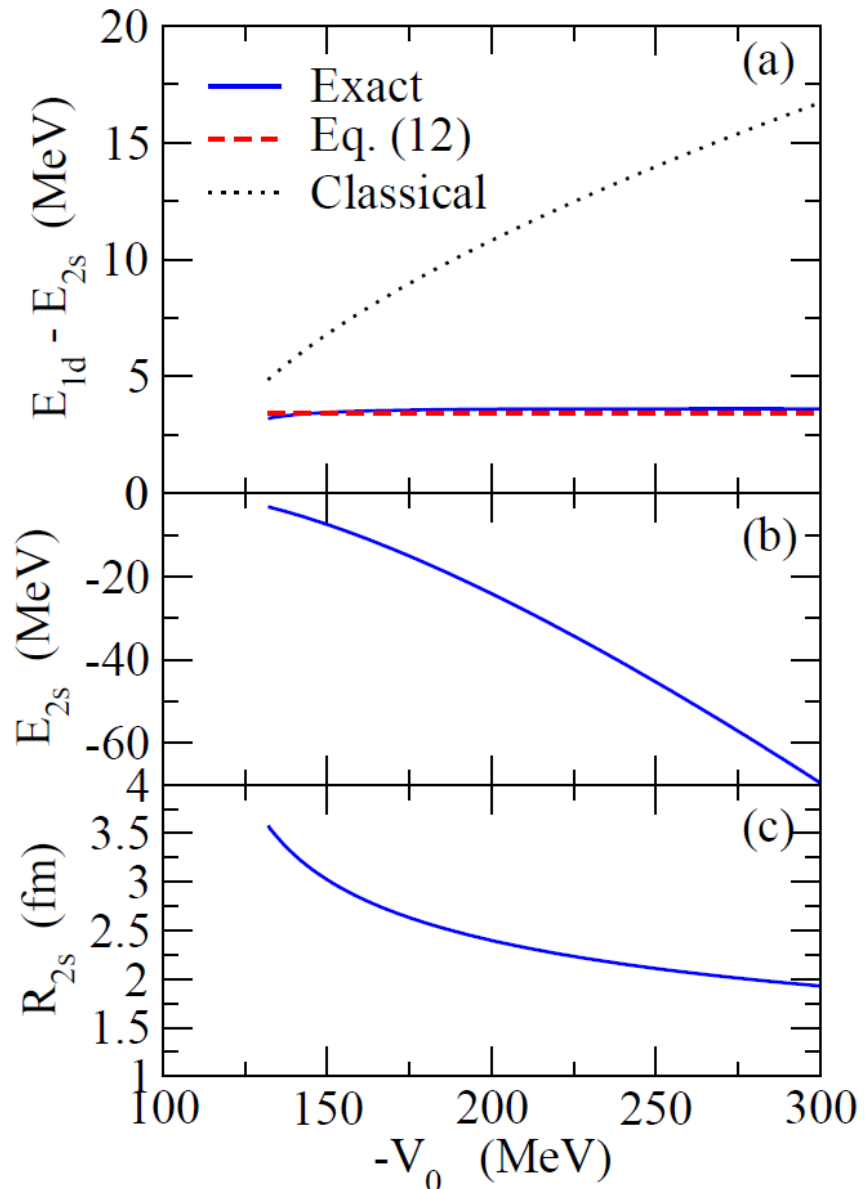
波動関数は大きく縮む  
(rms radius = 4.90 fm  $\rightarrow$  3.24 fm for L=0)



# 何故 $^9\Lambda\text{Be}$ 核のスペクトルは $\Lambda$ 粒子の影響をあまり受けないのか?

## ガウス型ポテンシャルの特徴

$$V(R) = V_0 e^{-\beta R^2}$$



1d-2s 状態のエネルギー間隔はポテンシャルの深さやクラスター間距離にほとんど依らない

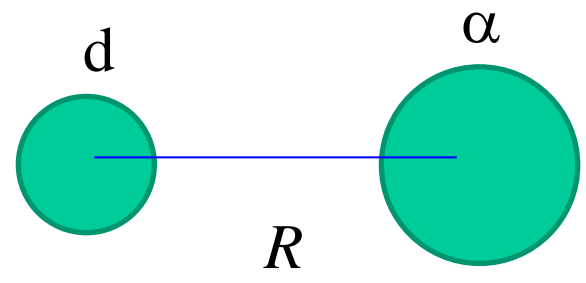
cf. 半古典近似を使うと

$$E_L - E_{L=0} \sim \frac{\beta \hbar^2}{8\mu} L(L+1)$$

N. Rowley, PLB69('77)25

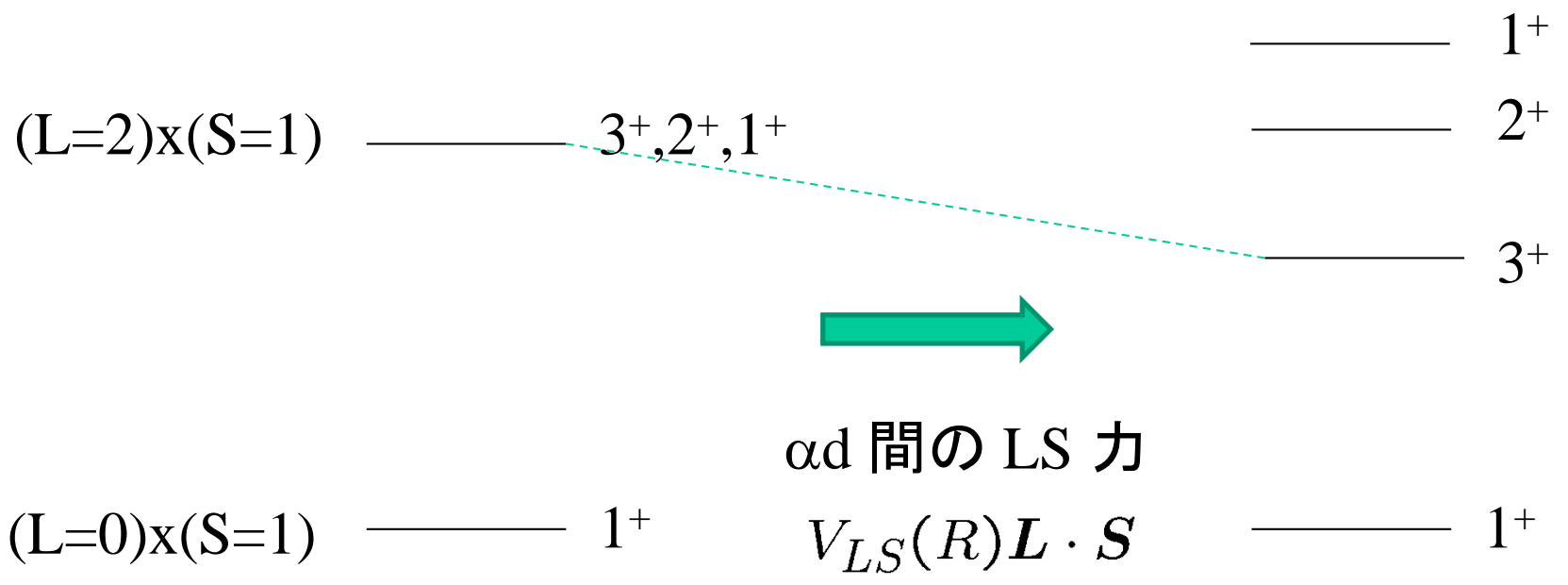
ポテンシャルのレンジ  $\beta$  と換算質量  $\mu$  にしか依らない

# ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$ 核のスペクトル



$$2n+L = 2 \rightarrow 1s, 0d$$

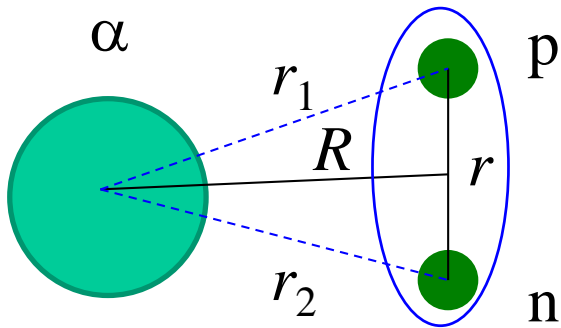
${}^8\text{Be}$  と大きく違うところ: d が  $S=1$  を持つ



# Semi-microscopic cluster model

B. Buck et al., NPA327('79)29

A.C. Mechant and N. Rowley, PLB150('85)35

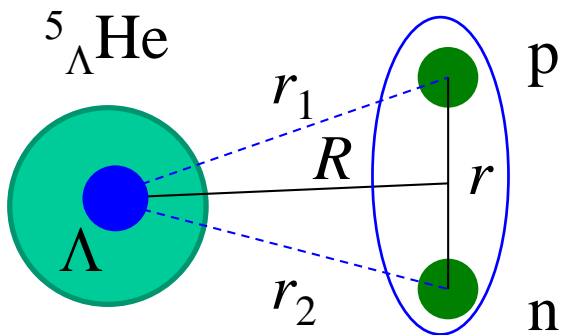


$$V(R) = \int d\mathbf{r} |\phi_d(\mathbf{r})|^2 [v(\mathbf{r}_1) + v(\mathbf{r}_2)]$$

$$r_i = \sqrt{(R \pm r/2)^2}$$

$$= V_0(R) + V_1(R) \mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$$

$$\begin{array}{cc} \uparrow & \uparrow \\ v_{\text{cent}}(\mathbf{r}_i) & v_{\text{ls}}(\mathbf{r}_i) \end{array}$$



$$V_0(R) = -2 \int dr v_{\text{cent}}^{(L=0)}(r, R) \phi_d(r)^2,$$

$$V_1(R) = -\frac{2M_N}{2(M_N + M_c)} \int dr \phi_d(r)^2 \times \left[ v_{\text{ls}}^{(L=0)}(r, R) + \frac{r}{2R} v_{\text{ls}}^{(L=1)}(r, R) \right]$$

$$\phi_d(r) = \sqrt{2\alpha} e^{-\alpha r}$$



$$\frac{3.72}{(2.25)} \underline{1^+, 2^+, 3^+} \quad \frac{3.80}{(0.32)} \underline{(1^+, 2^+, 3^+) \times 1/2^+}$$

$$\underline{0} \underline{1^+}$$

(-1.47)

${}^6\text{Li}$

*No LS*

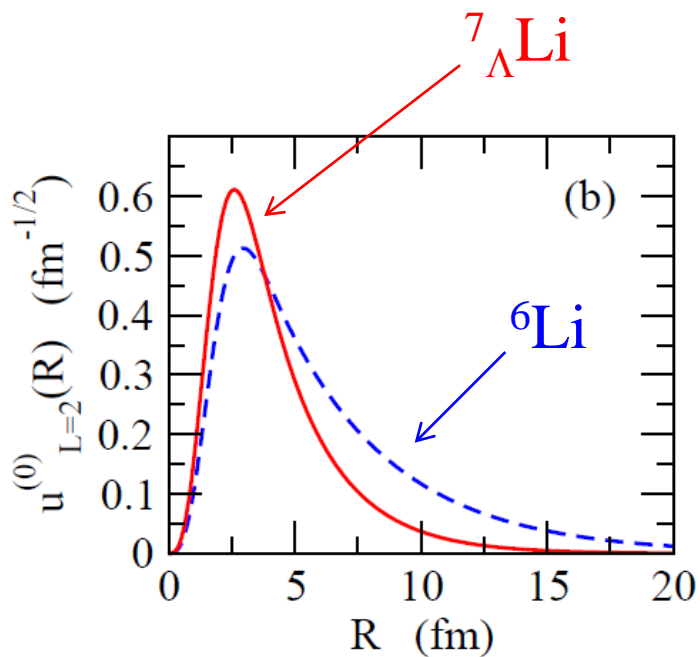
$$\underline{0} \underline{1^+ \times 1/2^+}$$

(-3.48)

${}^7_{\Lambda}\text{Li}$

*No LS*

- i) LS がないとスペクトルの変化は小 ( ${}^8\text{Be}$  と同様)
- ii) ただし、**波動関数は縮む**



$$3.72 \frac{1^+, 2^+, 3^+}{(2.25)} \quad 3.80 \frac{(1^+, 2^+, 3^+) \times 1/2^+}{(0.32)}$$

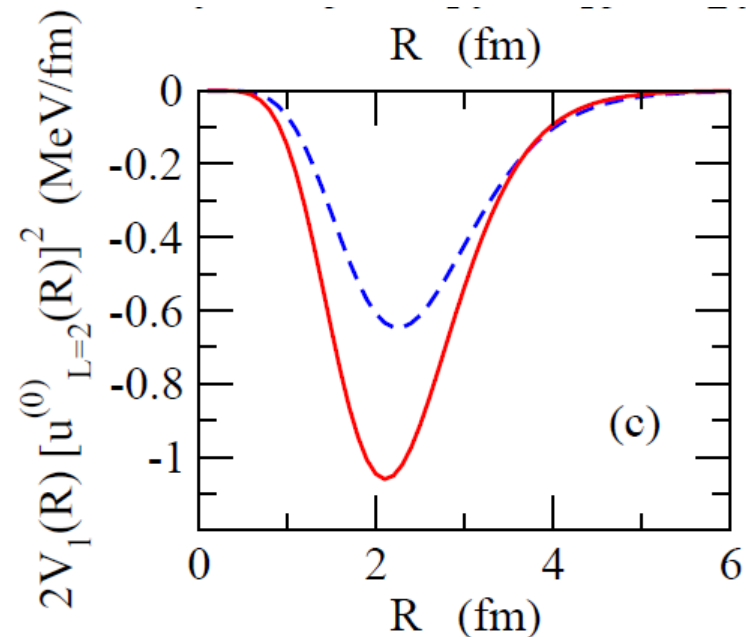
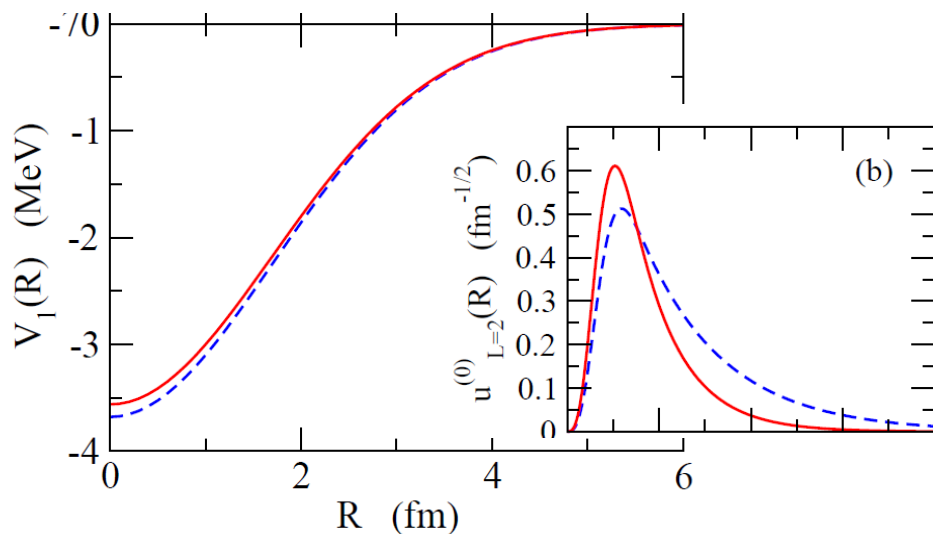
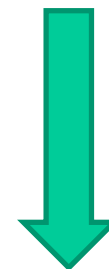
$$0 \frac{1^+}{(-1.47)}$$

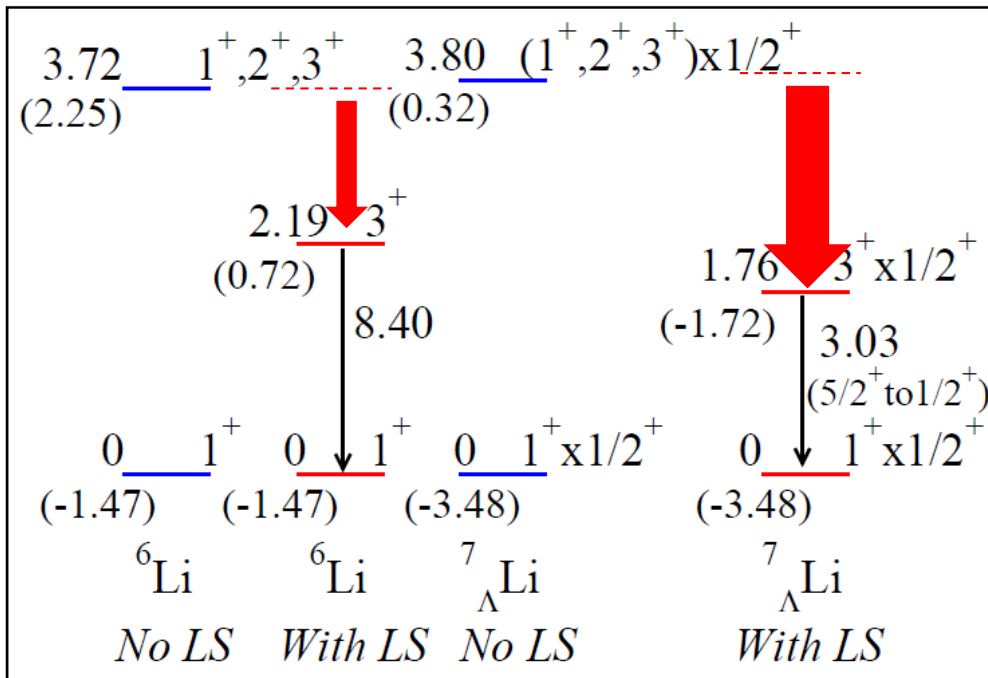
${}^6\text{Li}$   
*No LS*

$$0 \frac{1^+ \times 1/2^+}{(-3.48)}$$

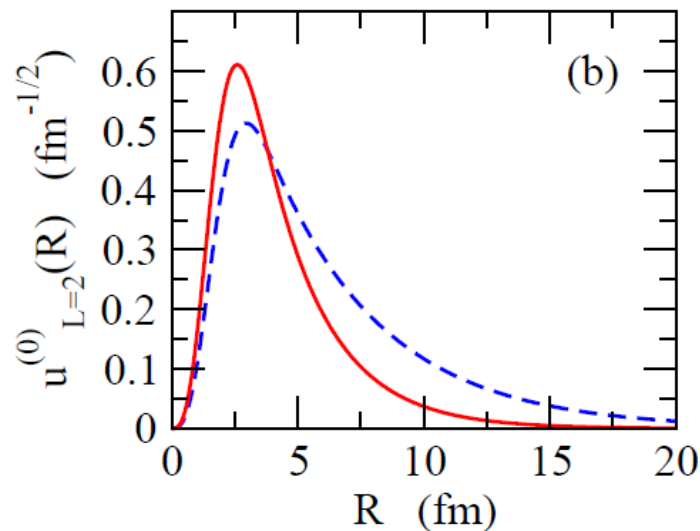
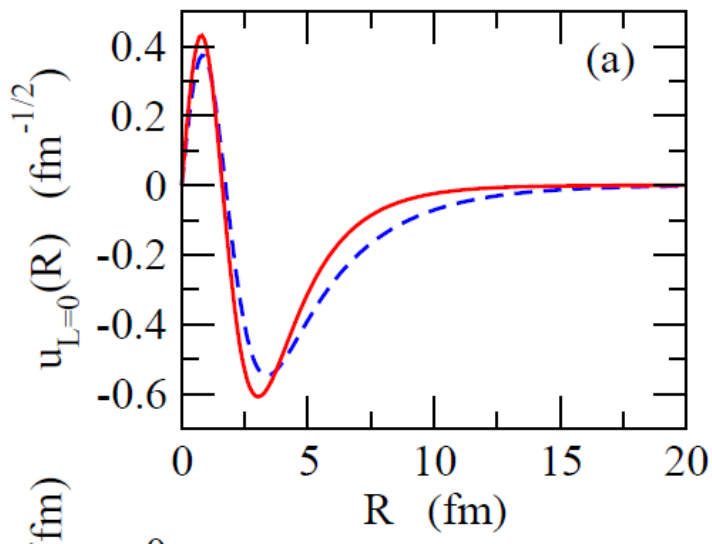
${}^7_{\Lambda}\text{Li}$   
*No LS*

- i) LS がないとスペクトルの変化は小 ( ${}^8\text{Be}$  と同様)
- ii) ただし、波動関数は縮む
- iii) そうすると  $V_{LS}$  との重なりが大きくなる





- i) LS がないとスペクトルの変化は小 ( ${}^8\text{Be}$  と同様)
- ii) ただし、**波動関数は縮む**
- iii) そうすると  $V_{\text{LS}}$  との重なりが **大きくなる**
- iv)  $\Delta E_{\text{LS}} \sim \langle \Psi | V_{\text{LS}} | \Psi \rangle$   
 なので **LS力の効果が effective に大きくなる**
- v)  $3^+ \times \Lambda$  の準位がより下がる



# まとめ

ハイパー核の縮み効果とスペクトルの変化の関係

← 2体クラスター模型の観点から

➤  ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$  核

波動関数の大きな縮みに関わらずスペクトルの変化は小

← クラスタ間ポテンシャルがガウス型であれば  
理解可能

➤  ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$  核

重陽子のスピンの起因する LS 力

← 縮み効果により effective に大

→ **スペクトルの縮み**

□ 興味ある他の系:  ${}^{19}_{\Lambda}\text{F}$

${}^{16}\text{O} + d + \Lambda?$



次のトーク(谷村)