

相対論的平均場理論によるアクチノイド領域核の対相関力の系統性

Pairing strength dependence of actinides in Relativistic Mean-Field theory(RMF)

*河野 大樹¹、稲倉 恒法¹、千葉 敏¹

(1. 東京工業大学)

核分裂障壁や結合エネルギーの理論予測は非常に困難であり、現在、様々な理論による計算が行われているが2~3 MeV 程度の誤差が生じることが多く報告されている。本研究では、アクチノイド領域核に対して相対論的平均場理論(共变的密度汎関数法)を適用し、残留相互作用としてBCS 対相関モデルを用いて核分裂障壁を計算した。特に、核分裂障壁の実験値を再現するように対相関力の強度を調整することによって結合エネルギーと対回転における慣性能率の精度も向上する結果が得られた。これによりアクチノイド領域の対相関力の系統性を導出し、その正当性が示せたのでこれらの結果を報告する。

キーワード:核データ、相対論的平均場理論、核分裂障壁、対相関、アクチノイド

1 緒言

原子核への相対論的アプローチは、QHD の枠組みで議論され核子間に働く核力を σ, ω, ρ 中間子と仮想光子の交換によって記述する。Walecka らが考案した量子場の理論の近似として得られる RMF は簡便な方法でありながら核物質を記述する上で成功を取めてきた [1][2]。さらに、残留相互作用として対相関を導入し対相関力を調整することで核分裂障壁の実験値を再現でき対相関を評価する上で用いた対回転における慣性能率の精度も向上した [3][4][5]。

2 計算方法

相対論的共変なラグランジアンを導入し量子場の理論から RMF を導くために以下の近似を施した [1][2]。

1. 中間子場の量子力学的揺動を無視してその平均値だけに注目する古典近似
2. 核子の負エネルギー成分を無視する No sea 近似

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\gamma_{\mu}\partial^{\mu} - M)\psi + \frac{1}{2}\partial^{\mu}\sigma\partial_{\mu}\sigma - U(\sigma) - g_{\sigma}\bar{\psi}\psi\sigma - \frac{1}{4}\Omega^{\mu\nu}\Omega_{\mu\nu} + \frac{1}{2}m_{\omega}^2\omega^{\mu}\omega_{\mu} - g_{\omega}\bar{\psi}\gamma^{\mu}\psi\omega_{\mu} + U(\omega) \\ - \frac{1}{4}\vec{R}^{\mu\nu}\vec{R}_{\mu\nu} + \frac{1}{2}m_{\rho}^2\vec{\rho}^{\mu}\vec{\rho}_{\mu} - g_{\rho}\bar{\psi}\gamma^{\mu}\vec{\tau}\psi\vec{\rho}_{\mu} - \frac{1}{4}F^{\mu\nu}F_{\mu\nu} - e\bar{\psi}\gamma^{\mu}\frac{(1-\tau_3)}{2}\psi A_{\mu}$$

また、ラグランジアンを Euler-Lagrange 方程式に代入することで核子場に対する Dirac 方程式と中間子場に関する Klein-Gordon 型の方程式を得ることができこれらの方程式を連立して解くことで各場の情報を得ることができた。また、得られた各場の情報とラグランジアンをエネルギー運動量テンソルの第 00 成分に代入することで RMF における全エネルギーを得ることができた。さらに、対相関を残留相互作用として取り込み対相関力の強さを変えることで核分裂障壁の実験値を再現した。また、対相関力は核子対ポテンシャルより得られる対回転における慣性能率を使い評価した [3][4][5]。

3 結果

右図はアクチノイド領域核の核分裂障壁を再現する対相関力 G_{BEST} のクーロンエネルギー依存性を示していて $Z^2/A^{1/3}$ の関数としてフィッティングすることができた。講演ではフィッティング関数で予測される対相関力を用いて核分裂障壁、結合エネルギー、慣性能率を計算した結果を報告する。

参考文献

- [1] B.D. Serot and J.D. Walecka, Adv. Nucl. Phys. 16 (1986)
- [2] Klemens Rutz "Struktur von Atomkernen im Relativistic-Mean-Field-Modell", Dissertation, Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main(1999)
- [3] S.Karatzikos, A.V.Afanasjev, G.A.Lalazissis and P.Ring, Nucl. Phys. B **689** 72-81 (2010)
- [4] N.Hinohara and W.Nazarewicz, Phys.Rev.Lett.116(2016)
- [5] D. M. Brink and R. A. Broglia, Nuclear Superfluidity, Pairing in Finite Systems (Cambridge University Press, Cambridge, England, 2005)

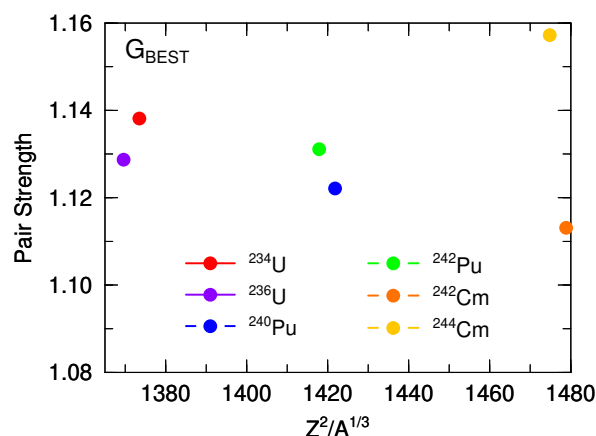


図1 G_{BEST} のクーロンエネルギー依存性

*Taiki Kouno¹, Tsunenori Inakura¹ and Satoshi Chiba¹

¹Tokyo Institute of Technology