

クーロン力と短距離力が共存する系の閾値近傍状態の複合性

都立大理

衣川友那, 兵藤哲雄

Compositeness of near-threshold states with Coulomb plus short range interaction

Department of Physics, Tokyo Metropolitan University

T. Kinugawa and T. Hyodo

近年の高エネルギー実験において散乱の閾値近傍にエキゾチックハドロンが発見されていることから、閾値近傍状態の内部構造の研究が盛んに行われている。短距離力のみがはたらく s 波散乱の閾値近傍の束縛状態に対しては、低エネルギー普遍性の帰結の反映として、ハドロンがその自由度を保ったまま弱束縛したハドロン分子成分が支配的な内部構造であることが知られている [1]。一方、閾値より高いエネルギーを持つ共鳴状態に対しては普遍性が成り立たず、ハドロン分子以外の成分が支配的であることが示された [2]。しかし、電荷を持ったハドロン同士の散乱の閾値近傍では、クーロン力を無視することができず、クーロン力と短距離力が共存する系が実現する。クーロン力を含む系の低エネルギー散乱は、短距離力のみとの系とは異なる形で記述される。よって、低エネルギー普遍性に基づいた短距離力 s 波散乱の結論を当てはめることはできず、閾値近傍状態の普遍的性質は明らかになっていない。

我々は、短距離力とクーロン力が共存する s 波散乱の閾値近傍状態の内部構造を解明することを目標とする。クーロン力と短距離力が共存する系の普遍的な特徴は、ゼロレンジモデルによって散乱長 a_s とボーア半径 a_B のみで記述できる [3]。本研究では、文献 [4] で導入された低エネルギー散乱理論を用い、有効レンジ r_e の影響を取り入れることで、クーロン力が引力と斥力両方の場合について共鳴状態を記述する。固有エネルギーのクーロン散乱長依存性を調べた結果、クーロン斥力では束縛状態と共鳴状態は連続的につながる一方 [3]、引力の場合は両者が連続的につながらず、共鳴状態は virtual 状態とつながることを示した。さらに、波動関数におけるハドロン分子状態の重みである複合性 X [5] を計算することで、クーロン斥力がはたらく系の束縛状態の内部構造を定量化する。クーロン力の影響を特徴づける a_B と短距離力の影響を特徴づける $|r_e|$ を比較し、 $a_B > |r_e|$ の場合は、閾値近傍では X が 1 の近くまで増大し、短距離力の場合と同様の現象が起こる一方、 $a_B < |r_e|$ の場合は、閾値近傍でも X が増大しないことを定量的に示した。

参考文献

- [1] T. Kinugawa and T. Hyodo, Phys. Rev. C **109**, no.4, 045205 (2024).
- [2] T. Kinugawa and T. Hyodo, [arXiv:2403.12635 [hep-ph]].
- [3] 望月駿汰, 西田祐介, 日本物理学会 2024 年春季大会 21aU1-6.
- [4] W. Domcke, J. Phys. B: Atom. Mol. Phys. **16** 359 (1983).
- [5] T. Kinugawa and T. Hyodo, Phys. Rev. C **106**, 015205 (2022).