

レンジ補正を考慮した弱束縛関係式の応用

都立大理

衣川友那, 兵藤哲雄

Application of the weak-binding relation with range correction

Department of Physics, Tokyo Metropolitan University

T. Kinugawa and T. Hyodo

近年の加速器実験において、 qqq または $q\bar{q}$ 以外の内部構造を持つとされるエキゾチックハドロン候補が見つかっている。エキゾチックハドロンのとおり内部構造の1つとして考えられているのがハドロン分子状態である。ある束縛状態のハドロン分子状態の重みを複合性 X といい、弱束縛関係式

$$a_0 = R \left\{ \frac{2X}{1+X} + \mathcal{O}\left(\frac{R_{\text{typ}}}{R}\right) \right\}, \quad (1)$$

を用いて定量的に求めることができる [1, 2]。ここで、 a_0 は散乱長、 R は束縛状態の半径、 R_{typ} は相互作用の到達距離である。 X が1に近いほど、ハドロン分子状態が支配的（複合的）であり、逆に X が0に近いとハドロン分子以外の成分が支配的であるといえる。弱束縛関係式を用いた解析は重陽子や $\Lambda(1405)$ などの内部構造をモデル非依存に決定し、成功をおさめてきた。

しかし、有効レンジ $|r_e|$ が相互作用距離より大きい系では弱束縛関係式 (1) から有用に X を見積れないと示すことができる。我々は、 $|r_e|$ が相互作用距離より大きい場合でも X を有用に見積もることができるよう、 $R_{\text{typ}} = \max\{R_{\text{int}}, R_{\text{eff}}\}$ 、 $R_{\text{eff}} = \max\{|r_e|, \dots\}$ と再定義することで弱束縛関係式の誤差項へのレンジ補正を提案する [4]。ここで、 R_{int} は従来の弱束縛関係式 (1) で R_{typ} と定義されていた相互作用の到達距離、 R_{eff} は有効レンジ展開に現れる散乱長 a_0 以外の長さスケールのうち、最も大きいものとして定義される。また、文献 [3] で示したように、レンジ補正の妥当性を数値計算によって検証し、レンジ補正による改良が弱束縛関係式の適用可能範囲を広げることが示す。

誤差項を改良した弱束縛関係式を実際のハドロン、ハイパー核、原子の系（重陽子、 $X(3872)$ 、 $N\Omega$ 、 $\Omega\Omega$ dibaryon、 ${}^3\Lambda\text{H}$ 、 ${}^4\text{He}$ dimer）に適用し、複合性 X を見積もることで内部構造を議論する。その結果、今回弱束縛関係式を適用した全ての束縛状態において X は0.5より大きく、複合的成分が支配的であることを示す。また、 $X(3872)$ と $N\Omega$ dibaryon の複合性を見積もるためにはレンジ補正が必要であることを明らかにする。

参考文献

- [1] Y. Kamiya and T. Hyodo, Phys. Rev. C **93**, 035203 (2016).
- [2] Y. Kamiya and T. Hyodo, PTEP **2017**, 023D02 (2017).
- [3] T. Kinugawa and T. Hyodo, arXiv:2111.06619 [hep-ph].
- [4] T. Kinugawa and T. Hyodo, arXiv:2112.00249 [hep-ph].