

量子少数多体系計算法の確立とハイパー核



独立行政法人理化学研究所 仁科加速器研究センター 准主任研究員

肥山 詠美子

研究の背景

陽子・中性子の仲間で、ストレンジネス(奇妙さ)という量子数で特徴づけられるハイペロンと呼ばれる粒子があります。ハイペロンが入った原子核をハイパー核と呼びます。そのようなハイパー核を研究する面白さは、いろいろな粒子を含む新しい原子核がどのような構造をもつのか、個々に理解するのではなく、原子核の間に働く力である核力を含む Λ 子間相互作用として統一的に理解することです。そのためには、図1のように中性子数軸、陽子数軸に、新しい量子数—ストレンジネス(奇妙さ)—という第3軸を加えた3次元的な核図表を壮大に構想し、その拡大を目指す必要があります。この10年間のハイパー核物理分野では、様々な新奇なハイパー核が実験的に発見されてきました。そこで、精密理論計算によるハイパー核の詳細な構造研究、それに基づく Λ 子間相互作用の解明が緊急かつ必要不可欠な課題となりました。

研究の成果

これらの要求に答える理論計算法の一つが、我々が独自に提唱・開発した「無限小変位ガウス・ローブ法」です。この計算法は少数多体系(3体以上)を高精度に解くことができ、適用範囲の広い理論です。これまで、この計算法をハイパー核物理をはじめ、原子核物理分野の様々な分野へ適用してきました。特にハイパー核物理では、我々の理論計算を用いて次のような成果を挙げました。(1) 未発見の多くのダブルラムダハイパー核(ハイペロンの一つであるラムダ粒子が二つ結合した原子核)のエネルギー準位を精密に予言しました。後に、デマチャナギイベントとして実験で発見されたハイパー核が、 $^{10}\text{Be}_{\Lambda\Lambda}$ (2つの ^4He と2つのラムダ粒子)の第

一励起状態であることが、理論との比較によって理解されました。(2) 米国ジェファーソン研究所において、 $^7\text{He}_{\Lambda}$ (4つの中性子、2つの陽子とラムダ粒子)という未発見の中性子過剰ハイパー核が発見されました。実は、この発見の前に、我々は予めエネルギー準位を予言していました。我々の予言と実験結果が一致し、実験結果との詳細な比較検討により、今まで謎とされていた ΔN 荷電対称性の破れの効果が非常に小さいことが明らかになりました。

今後の展望

このように、ハイパー核物理は、実験と精密理論計算とのタイアップによって、この10年間に大きく発展を遂げてきました。そして、今、J-PARC実験施設(図2)で多くのハイパー核の生成が計画されています。このような計画は、原子核に2つ、3つとラムダ粒子を付加された多くのストレンジネスを持つハイパー核の構造は通常の原子核と比べてどのように異なるのか、どういう新しい側面が現れるのか、というような新しい興味を引き出すことになるでしょう。そのような新しい物理発展に、我々の少数多体系計算法を最大限に活用して、貢献していきたいと思えます。

関連する科研費

- 平成21-23年度 基盤研究(C)「厳密少数多体系計算法の確立とエキゾチック原子核への適用」
- 平成23-27年度 基盤研究(S)「エマルションによる大統計ダブルハイパー核生成実験」(研究分担者) 研究代表者: 仲澤和馬(岐阜大学)
- 平成24-26年度 基盤研究(C)「厳密少数粒子系計算法の確立とチャームハイパー核への応用」

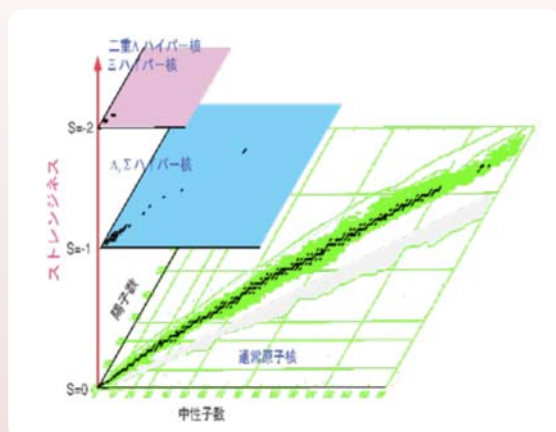


図1 中性子数—陽子数平面からさらに新しい第3軸(ストレンジネス軸)への次元を拡大した核図表。



図2 J-PARC施設の絵。ここで、ハイパー核の最新の実験データが今後期待されます。

(記事制作協力: 日本科学未来館 科学コミュニケーター 笹本 良子)