

大阪科学・大学記者クラブ 御中
(同時提供先：文部科学記者会、科学記者会)



2023年7月24日
大阪公立大学

^8He 原子核内で中性子同士に強い相関があることを発見！

<ポイント>

- ◇ヘリウム8原子核内においてヘリウム4の周りに2中性子の塊が2個存在することを明らかに。
- ◇弱結合の原子核において、2中性子をひとつの単位と考えることが4中性子相関を理解するポイントとなる。
- ◇陽子と中性子の数が釣り合っていない原子核の中性子形態に新たな知見。

<概要>

大阪公立大学大学院理学研究科の山口 雄紀大学院生（博士前期課程1年）、堀内 渉准教授、板垣 直之教授、市川 隆敏氏らの研究グループは、ヘリウム同位体であるヘリウム8（陽子数2、中性子数6）原子核内において、4中性子間の相関が強まる可能性に着目。多数の中性子配位を混合する大規模数値計算により量子力学の方程式を解いた結果、ヘリウム8は、「2中性子の塊が2個、ヘリウム4の周りに存在する」特殊な構造を持っていることを示し、その具体的配置を示しました（図1）。

ヘリウム8のような陽子と中性子の数が釣り合っていない原子核は、天然には存在せず、星の中など宇宙環境における元素合成過程で大量に生成されると考えられています。

本研究の結果は、今なお未知な点が多い中性子の結合形態について新たな示唆を与えるもので、私たちの身の回りにある元素の起源に対する理解を深めるものです。

本研究成果は、2023年7月18日に国際学術誌「Physical Review C (Letter)」にオンライン掲載されました。

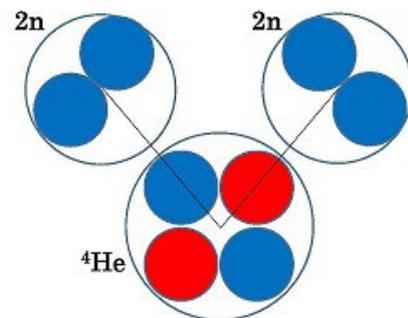


図1:今回発見したヘリウム8原子核構造の模式図。2中性子の塊(2n)が2個、ヘリウム4(^4He)の周りに存在する。赤玉：陽子 青玉：中性子

原子核は通常、陽子と中性子で構成され、中性子だけからなる原子核は存在することができません。しかしながら、人工的に生成可能な短寿命原子核の中では、4中性子系が安定して存在するかもしれません。今後はさらに重い結合限界原子核の構造を調べ、特異な4中性子相関の普遍性を探っていきます。



堀内 渉 准教授

<掲載誌情報>

【発表雑誌】 Physical Review C (Letter)

【論文名】 Dineutron-dineutron correlation in ^8He

【著者】 Y. Yamaguchi, W. Horiuchi, T. Ichikawa and N. Itagaki

【掲載URL】 <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.108.L011304>

<研究の背景>

原子の中心に点のように存在する原子核は、陽子や中性子といった核子が結合してできており、これら核子の間には核力、あるいは強い相互作用が働きます。この力によって陽子と中性子は結合した状態を作りますが、2個の中性子だけでは引力がわずかに足りず、結合状態を作りません。それならば4個の中性子ではどうかという議論が、実験・理論双方で最近活発に行われています。4中性子の場合も2中性子と同様、陽子なしで結合することは難しいですが、それでも「4中性子状態」を示唆する実験結果 (Kisamori et al., Phys. Rev. Lett. 116, 052501 (2016)) がでており、4中性子状態が、ある寿命を持って存在できるのではないかと可能性が指摘されています。

それでは、4中性子状態は原子核中ではどのように現れるのでしょうか。通常の原子核中では、個々の核子は原子核中心から引力を受け、中心の周りを独立に運動すると考えられています。しかし、中心から受ける引力の弱い、弱結合の原子核においては、2中性子をひとつの塊と見なした成分が重要になることが知られています。

<研究の内容>

本研究ではヘリウム同位体の結合限界であるヘリウム8 (陽子数2、中性子数6) 原子核を例として取り上げました。ヘリウム8原子核は通常のヘリウム4原子核 (陽子数2、中性子数2) の周りに4個の中性子が付与された「中性子過剰核」です。中性子過剰核は、天然には存在せず、星の中など宇宙環境における元素合成過程で大量に生成されると考えられており、我々の身の周りの元素の起源を解き明かす鍵となるものです。また、中性子過剰核は陽子と中性子の数の比が釣り合っていないため、中性子が弱く結合するという特徴を持っています。さらに、ヘリウム4の周りでの4中性子は、原子核中で同じ中性子軌道を占有できるという性質があります。本研究グループは、これらの性質により、ヘリウム8原子核内において、4中性子の間の相関が強まる可能性を検討しました。大規模数値計算を実行し、その結果、ヘリウム8においては、2中性子の塊 (2n) が2個、ヘリウム4 (^4He) の周りに存在し、さらにそれらがどのような「形」を持っているのかを示しました (図2)。

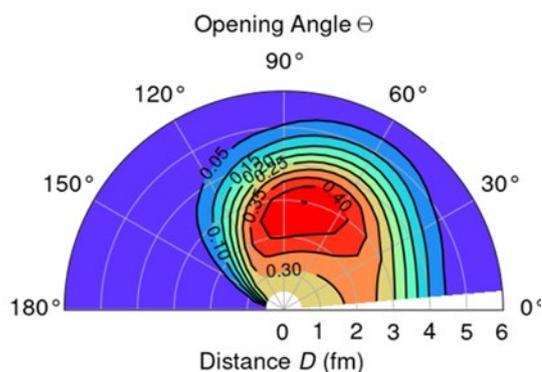


図2：ヘリウム8原子核における4中性子成分の分布。Dは ^4He -2n間距離 (fm)、 θ は ^4He を中心とした2n間の角度を表す。

<期待される効果・今後の展開>

本研究結果は、「ヘリウム8原子核が変形している」とするカナダで行われた最新の実験結果 (M. Holl et al., Phys. Lett. B822, 136710 (2021)) と矛盾がなく、今後さらなる実験的検証が期待されます。

<資金情報>

本研究はJSPS科研費18K03635、22H01214、22K03618の一部助成を受けたものです。数値計算は京都大学基礎物理学研究所の計算機施設 (Yukawa-21) を用いて行われました。

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院 理学研究科
准教授：堀内 渉 (ほりうち わたる)
TEL：06-6605-2639
E-mail：whoriuchi@omu.ac.jp

【報道に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課
担当：國田 (くにだ)
TEL：06-6605-3411
E-mail：koho-list@ml.omu.ac.jp