OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	Halo-induced dipole excitation of 11Li studied via proton inelastic scattering
Author(s)	田中, 純貴
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59524
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　田中　純貴　）	
論文題名	Halo-induced dipole excitation of ^{11}Li studied via proton inelastic scattering (陽子非弾性散乱によるハローに起因した^{11}Ｌｉのダイポール励起)

論文内容の要旨

^{11}Ｌｉは中性子ハロー核の金字塔である。ハローとは原子核表面の中性子が薄い密度で空間的に広がった分布を持つ、まさに原子核の背後に中性子の後光（ハロー）がさしたような現象である。中性子ハローの現象が^{11}Ｌｉで発見されて以降、他の核にもハローが確認されてきたが、その特徴やハロー出現の解明に至る現象において^{11}Ｌｉは随所に重要な働きをしてきた。本論文では、中性子ハロー核^{11}Ｌｉの発見以来３０年近く存在が予言され、疑問視もされ、待ち望まれていた中性子ハロー核^{11}Ｌｉのソフトダイポール共鳴状態の探索をテーマにした。

我々は、実験的に非常に困難な不安定核の共鳴状態を探索すべく、２つの技術革新に注目した。１つは、ISOL（Isotope Separator-On-Line）型の不安定核ビーム生成法と超電導線形加速器により核子あたり６ＭｅＶの質のよい^{11}Ｌｉ不安定核ビームをカナダTRIUMF研究所で供給できるようになったことである。２つ目は、^{11}Ｌｉビームを入射し、励起状態を生成するためのプローブとなる約１５０ミクロンの薄い固体水素標的の導入である。これらの技術革新を駆使し、^{11}Ｌｉの励起エネルギースペクトルを測定した。その結果、０．８ＭｅＶの励起エネルギーにピークを観測した。この励起エネルギーは予言されたソフトダイポール共鳴状態の励起エネルギー（０．６ＭｅＶ～０．８ＭｅＶ）に非常に近いエネルギーであった。

本論文ではこのピークの解析を進め、歪曲波ボルン近似の巨視的な反応計算から、その角分布は角運動量１を持ち出す散乱により生成されるダイポール型の共鳴状態である可能性が高いことを突き止めた。さらにその強度は通常の原子核からは推測できない巨大なものであった。

このような強度が巨大な状態がハロー核に存在する解釈に議論を進めた。ソフトダイポール共鳴状態は原子核のハロー中性子とコア部分の振動によるもので、ハローは空間的に広がった構造であるため大きな振幅で振動することが予想された。また、著者が共同で行った重水素を標的にした実験でもこのピークは観測された。重水素はアイソスピンの大きさが０であり、安定な原子核で陽子相と中性子相が振動するアイソベクトル型のダイポール共鳴状態は生成できない。アイソスカラー型のダイポール励起の数式上の励起オペレータの第一項目は$r Y_1$（Ｙは球面調和関数）であるが、これは重心運動に相当し、原子核の内部励起には寄与しない。続く項は$r^3 Y_1$であり、これは原子核の重心を固定したまま、内部の密度を場所ごとにかえて振動する圧縮振動モードとよばれるが、他の励起モードに比べ通常強度が小さい。しかしながら、^{11}Ｌｉの場合は空間的に広がったハローの効果でr^3の部分が増大される。我々の観測した状態は３０年近く探し求められている^{11}Ｌｉのソフトダイポール共鳴状態に極めて近く、その状態のハローに起因した性質をも突き止めようとしている。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（田中純貴）	
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主査　教授	青井考
	副査　准教授	緒方 一介
	副査　教授	下田 正
	副査　准教授	民井 淳
	副査　教授	中野 貴志

論文審査の結果の要旨

田中純貴氏は中性子ハロー構造をもつ中性子過剰不安定核 ^{11}Li（安定核である ^{7}Li よりも中性子が 4 つ多い）の陽子非弾性散乱測定の高精度高統計測定を行い、ハロー構造に起因する励起モードであるソフトダイポールモードの可能性を示唆する強度分布を得た。

中性子ハロー構造は中性子が極めて過剰なために中性子の束縛が弱くなった原子核に現れる特異な構造で、芯核に弱く束縛された中性子がトンネル効果により原子核外縁部に薄く広がったものである。原子核密度の飽和性を破る現象として精力的に研究が行われ、静的な構造は実験・理論の両面で理解が進んだ一方、この特異構造に起因して現れるであろう動的構造に研究が拡大した。特に、ハロー中性子と芯核が互いに振動するいわゆるソフトダイポールモードは安定核にはない新しい励起モードとして注目を浴びているが、多くの探索の試みにも関わらず、これまでに実験で存在が確認されていなかった。

田中氏は、現在知られている原子核の中で最も弱束縛の原子核で、大きく発達した中性子ハロー構造をもつ ^{11}Li に注目し、陽子非弾性散乱によりソフトダイポールモードの存在を検証する実験を行った。この研究のために開発した薄い固体水素標的と高分解能荷電粒子検出器を組み合わせたて行った高効率高分解能測定により、これまでの研究よりも 5 倍よいエネルギー分解能で、およそ 10 倍の統計のデータを得ることに成功した。得られたスペクトルの詳細な解析から、0.80±0.01MeV の励起エネルギーに幅 1.15±0.06MeV のピークを発見し、その強度が一粒子単位の 200～700 倍にのぼることを明らかにした。このような低い励起エネルギーに巨大なダイポール強度が存在することは安定核の常識では説明ができず、ハロー構造によって強度が増大したソフトダイポールモードである可能性を示唆している。この結果は多くの理論家を刺激し精緻なモデルによる解析が行われ始めており、ソフトダイポールモードの存在についての長年の議論に結論をもたらす可能性がある。よって本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。