



Title	Systematic Study on Interaction Cross Sections and Neutron Skin Thickness for Ni Isotopes
Author(s)	福留, 美樹
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/101914">https://hdl.handle.net/11094/101914</a>
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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏名（福留 美樹）	
論文題名	Systematic Study on Interaction Cross Sections and Neutron Skin Thickness for Ni Isotopes (Ni同位体の相互作用断面積と中性子スキン厚の系統的研究)
<p>論文内容の要旨</p> <p>核物質状態方程式(EOS)は原子核の構造や衝突の様子を表すだけでなく、超新星爆発機構や中性子星の構造など宇宙物理学の諸問題の理解にとっても不可欠である。EOSは陽子・中性子密度の違いに依存する成分を持ち、これは対称エネルギーによって表される。先行研究により、対称エネルギーの1次の密度依存性は原子核の中性子・陽子分布半径の差である中性子スキン厚に密接に関係することが分かっている。</p> <p>そこで本研究では、Ni同位体における陽子・中性子併せた全体の核半径=核物質半径を求めるため、<sup>58</sup>-<sup>77</sup>Niの炭素標的に対する250 MeV/nucleonでの相互作用断面積<math>\sigma_I</math>を測定した。この<math>\sigma_I</math>データは、Ni質量領域の同位体チェーンにおける最初の系統的データである。光学限界近似を修正したグラウバー型計算により、RMS核物質半径 <math>\langle r^2 \rangle^{1/2}_{\text{m}}</math> の導出に成功した。</p> <p>この結果と先行研究でアイソトープシフト法より測定された荷電半径を組み合わせて、中性子スキン厚 <math>r_{np}</math> を導出した。この結果を、平均場計算を用いて得られた理論値と比較したところ、質量数に対する核物質半径、中性子スキン厚の変化に関して、<math>N = 50</math>の中性子魔法数の手前で理論値に対して実験値が徐々に小さくなることが分かった。これは<math>N = 50</math>での核半径kink現象に起因する可能性がある。</p> <p>また、相対中性子過剰度<math>\delta = (N-Z)/A</math>に対する中性子スキン厚の傾きからEOSパラメータ <math>L</math> を導出した。その結果、導出方法に平均場計算を用いた場合は <math>L = 81(63)</math> MeV、液滴モデルを用いた場合は <math>L = 151(27)</math> MeVとなった。これらの値は以前の結果の平均値 <math>L = 59(17)</math> MeVよりやや大きいが、PREXから得られた <math>L = 106(37)</math> MeVと誤差の範囲内で一致する。<math>0.03 &lt; \delta &lt; 0.2</math> の広い範囲で陽子分布半径と核物質半径の実験値から直接決定された中性子スキン厚は、間接法を中心とした従来の実験的研究の結果に比べて信頼性が高いと考えられる。今後、<sup>58-77</sup>Niの核半径の変化を定量的に説明でき、現在直接決定されている中性子スキン厚から信頼できる <math>L</math> 値を抽出できる核構造理論が期待される。</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (福留 美樹)		氏名
論文審査担当者	主査	教授 福田 光順
	副査	教授 川畠 貴裕
	副査	教授 民井 淳
	副査	准教授 吉田 賢市
	副査	助教 三原 基嗣

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、実験による原子核の核半径に関する系統的研究である。

安定線～中性子過剰領域にかけてのNi同位体における陽子・中性子併せた全体の核半径=核物質半径を求めるため、 $^{58-77}\text{Ni}$ の炭素標的に対する250 MeV/nucleonでの相互作用断面積 $\sigma_1$ を測定した。この $\sigma_1$ データは、Ni質量領域の同位体チェーンにおける最初の系統的データである。このデータを用いて、光学限界近似を修正したグラウバー型計算により、RMS核物質半径 $\langle r^2 \rangle^{1/2}_{\text{m}}$ の導出に成功した。また、この結果と先行研究でアイソトープシフト法より測定された荷電半径を組み合わせて、中性子スキン厚 $r_{\text{np}}$ を導出した。

この結果を、平均場計算を用いて得られた理論値と比較したところ、質量数に対する核物質半径、中性子スキン厚の変化に関して、 $N = 50$ の中性子魔法数の手前で理論値に対して実験値が徐々に小さくなることが分かった。これは $N = 50$ での核半径kink現象に起因する可能性がある。

また、相対中性子過剰度 $\delta = (N-Z)/A$ に対する中性子スキン厚の傾きから平均場計算を用いた方法により、EOSパラメータ $L$ を $L = 81(63)$  MeVと導出することに成功した。この値は先行研究の値と誤差の範囲内で一致する。誤差がやや大きいのは、理論計算の荷電半径再現性など、核構造の理論計算再現性に現時点ではまだ問題があるからと考えられる。

0.03 <  $\delta$  < 0.2 の広い範囲で陽子分布半径と核物質半径の実験値から直接決定された中性子スキン厚は、間接法を中心とした従来の実験的研究の結果に比べて信頼性が高いと考えられる。このデータから得られるEOSパラメータの精度を上げるためにには、まずは核構造理論において、 $^{58-77}\text{Ni}$ の荷電半径・核半径の変化を定量的に説明できるようになるなどの進展が期待される。

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。