



Title	Study of nucleon density distributions of nuclei and energy dependence of the charge changing cross sections via Glauber model
Author(s)	Dinh Trong, Tran
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61485
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (TRAN Dinh Trong)

Title

Study of nucleon density distributions of nuclei and energy dependence of the charge changing cross sections via Glauber model
(グラウバー模型による荷電変化断面積エネルギー依存性と核内核子分布の研究)

Abstract of Thesis

This thesis reports on the first measurement of the charge-changing cross section (σ_{cc}) for $^{12-18}\text{C}$ on a natural carbon target at low energies around 45 MeV/nucleon and the determination of the point-proton distribution root-mean-square (rms) radii using the Glauber model.

The experiment was performed at the RCNP secondary beam line (EN Course) in Osaka University. The $^{12-18}\text{C}$ beams were produced by the projectile fragmentation reaction of a ^{20}Ne primary beam at 80 MeV/nucleon on a ^9Be target, and momentum analyzed before being transported to a 450 mg/cm² natural carbon target. The transmission method was employed to measure the σ_{cc} 's. To perform the measurements at low energy, we have constructed a Multi-Sampling Ionization Chamber (MUSIC). The use of MUSIC, instead of silicon detectors, helped reduce the systematic uncertainty in the particle identification, and contributed to the successful experiment. By carefully considering the geometrical acceptance of the detectors after the target, we demonstrate the importance of the correction for the acceptance in the transmission method.

To extract the nucleon distribution rms radii from low-energy data, we have systematically determined a global parameter set for the Glauber calculation, which is applicable to reaction cross section (σ_R) and σ_{cc} at incident energies from 10 to 2100 MeV/nucleon. Adopting the proton-density distribution of ^{12}C known from the electron-scattering data, as well as the bare total nucleon-nucleon cross sections, and the real-to-imaginary-part ratios of the forward proton-proton elastic scattering amplitude available in the literatures, we determine the energy-dependent slope parameter β_{pn} of the proton-neutron elastic differential cross section so as to reproduce the existing interaction cross section (σ_I) and σ_R data for $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ over a wide range of incident energies. The Glauber model thus formulated is applied to calculate the σ_R 's of ^{12}C on a ^9Be and ^{27}Al targets at various incident energies. Our calculations show excellent agreement with the experimental data. The proton rms radii of $^{12-18}\text{C}$ thus extracted using our measured σ_{cc} 's are consistent with the existing data from measurements at around 950 MeV/nucleon. The results for $^{12-14}\text{C}$ are consistent with the values from the electron scatterings, demonstrating the feasibility, usefulness of the σ_{cc} measurement and the present Glauber model to determine the proton (charge) rms radii of nuclei.

Applying our calculation to the σ_R and σ_{cc} at different energies for the $^{13-18}\text{C}$, we have evaluated the model density distribution dependence of the point-proton distribution rms radii as well as point-neutron distribution rms radii for $^{13-18}\text{C}$. Whereas the proton rms radii do not depend on the assumed model density distributions, the neutron rms radii show strong model-density dependence. In particular, the σ_R at low energy is sensitive to the surface of the density distribution. The results demonstrate the importance of measurements at incident energies below 100 MeV/nucleon. The proton rms radii of $^{12-18}\text{C}$ show weak isotope dependence, which reflects the stable proton distributions and provides an evidence on the proton subshell closure at $Z = 6$.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (TRAN Dinh Trong)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	青井 考
	副 査	教授	下田 正
	副 査	准教授	延興 佳子
	副 査	准教授	福田 光順
	副 査	准教授	緒方 一介

論文審査の結果の要旨

論文題目 : Study of nucleon density distribution of nuclei and energy dependence of the charge charging cross sections via Glauber model
(グラウバー模型による荷電変化断面積エネルギー依存性と核内核子密度分布の研究)

Tran Dinh Trong 氏は炭素 12 (^{12}C) から炭素 18 (^{18}C) までの原子核を対象に低い入射ビームエネルギー (以降低エネルギーと略す) における荷電変化反応断面積を測定すると同時に、従来高エネルギー反応にしか適用されなかったグラウバー模型を改良して低エネルギー領域まで拡張し、陽子分布半径を決定した。その結果、炭素同位体は陽子分布半径が $^{12-18}\text{C}$ においてほぼ一定であることを明らかにし、陽子数 6 が魔法数であることを示す重要な証拠を得た。

原子核の半径は原子核構造を表わす最も基本的な物理量である。原子核の荷電(陽子)分布半径を決定する手法として電子散乱及びレーザー分光法が用いられてきたが、中性子数と陽子数のバランスが崩れた不安定核は実験が難しく、中性子分布や陽子分布の半径がどうなるかの系統的測定は少ない。Tran 氏は、陽子分布半径を決定する新たな手法として開発されている荷電変化反応断面積測定法を初めて低エネルギー領域に適用し、 $^{12-18}\text{C}$ の陽子分布半径を決定した。

実験は大阪大学核物理研究センターの不安定核ビームラインにて 1 核子あたり約 45 MeV の $^{12-18}\text{C}$ ビームを用いて行った。Tran 氏は本実験に欠かせないイオンチェンバーを完成させ、実験成功に導いた。荷電変化反応断面積から陽子分布半径を決定する手法として、グラウバー模型が用いられるが、これまでこの模型は核子あたり 1 GeV 程度の高エネルギー反応にしか適用できないと考えられていた。Tran 氏は、グラウバー模型計算に必要なパラメータを核子あたり 10 から 2100 MeV まで広いエネルギーにわたって決定し、低エネルギー反応断面積への適用に成功した。理論解析の結果、炭素同位体鎖において中性子数を 6 から 12 という広い範囲で変化させても、陽子分布半径が 2.32 fm から 2.43 fm までと 5% しか変化していないことが分かった。これまでに知られている例では、同位体鎖に沿って中性子を増加させていくに伴って中性子半径が増大し、それに引きずられて陽子分布半径も大きくなる傾向にあった。今回炭素同位体で見られた陽子分布半径の傾向はこれに反する特異なもので、陽子数 6 が魔法数であるために、陽子分布が安定であることに起因すると考えられる。

本研究は新しい陽子魔法数について決定的な証拠を与えた他、グラウバー模型を低エネルギー領域へ拡張することで、様々な実験施設において反応断面積測定により核子分布半径を決定する実験研究の可能性を広げた。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。