

氏名	MANDEEP SINGH REEN		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	理学		
学位授与番号	博甲第	5960	号
学位授与の日付	平成31年 3月25日		
学位授与の要件	自然科学研究科 数理物理学 専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Study of hadronic and electromagnetic decays of giant resonances in ^{12}C using (p,p' γ) reaction (陽子ビーム散乱による炭素 12 の巨大共鳴状態からのハドロニックおよび電磁的な崩壊の研究)		
論文審査委員	教授 石野 宏和	准教授 小汐 由介	准教授 吉見 彰洋
学位論文内容の要旨			
<p>A nucleus can be excited using different probes ranging from photons to electrons and protons and from light nuclei (e.g. α particles) to heavy nuclei with each probe emphasizing on the different aspects of nuclear excitation. For excitation up to few MeVs, nucleus responds via simple single particle-hole excitations but broad resonances appear for energy range between 10 to 30 MeV. These resonances also known as giant resonances characterize the propagation of collective modes of a nuclear system. In the present work, we study the structure and decay of the giant resonances in ^{12}C, which is a typical light nucleus and is even applied in neutrino physics.</p> <p>An experiment (E398) to measure the γ rays emitted from giant resonances in ^{12}C was carried out at Research Center for Nuclear Physics (RCNP), Osaka University using an unpolarized proton beam at 392 MeV. The scattered protons were measured around 0° and were analyzed by the high-resolution magnetic spectrometer Grand Raiden (GR). An array of γ-ray detector consisting of $5 \times 5 = 25$ NaI detectors was placed at $\theta_\gamma = 90^\circ$ to detect the γ-rays in coincidence with the scattered protons.</p> <p>The γ-ray energy spectra and γ-ray emission probability ($R_\gamma(E_x) = \sigma_{p,p'\gamma}/\sigma_{p,p}$) were measured for the first time as a function of excitation energy for the energy range $E_x = 16$-32 MeV. It was found that the measured value of ($R_\gamma(E_x)$) for hadronic decay mode ($E_\gamma < 11$ MeV) starts from zero at $E_x = 16$ MeV and increases to $47.9 \pm 0.5 \pm 3.5\%$ at $E_x = 27$ MeV. The measurements were also compared with the statistical model calculation and smaller γ-ray emission probability by 30-40% was observed than predicted by the calculation. From electromagnetic decay mode ($E_\gamma > 11$ MeV), $R_\gamma(E_x)$ increases with excitation energy and reaches the maximum value of $(0.37 \pm 0.04 \pm 0.04) \times 10^{-2}$ at $E_x = 24$ MeV. Using the measured value of $R_\gamma(E_x)$, the expected number of NC events at large-scale scintillator-based detectors (e.g. KamLAND) from the core-collapse supernova was also calculated.</p>			

論文審査結果の要旨

Reen 氏は作田誠教授を主導教員とする博士後期課程 3 年次在学者で、表記題目博士論文を提出した。Reen 氏は大阪大学の RCNP にある陽子加速器で 392MeV に加速された陽子を炭素 12 に照射し、散乱角度 0-3 度で散乱を受けた陽子の運動量を、施設に設置されたスペクトロメータで測定し、反跳励起炭素原子核への散乱断面積を測定した。Reen 氏は、炭素標的の傍に NaI シンチレータを配置し、散乱陽子と励起炭素からのガンマ線の同時計測を行うことにより、励起状態からのガンマ線スペクトルを測定した。Reen 氏は、NaI シンチレータのエネルギー較正を、Co-60 や Cs-137 からのガンマ線、SPring-8 施設にある放射光施設における逆コンプトン散乱で発生できる 33MeV のガンマ線を用いて行った。得られたエネルギースペクトルと Geant シミュレーションを駆使することにより、エネルギー分解能と線形性を 33MeV まで確認した。炭素 12 が 16MeV 以上で励起されると Giant Resonance (GR) 状態になることが知られている。GR は 18MeV 以上の励起状態になると、陽子または中性子を放出し、娘核 (ホウ素 11 やベリリウム 10) の励起状態に崩壊する。励起された娘核が基底状態になる際に放出されるガンマ線の確率を GR の励起エネルギーの関数として世界で初めて測定した。この測定結果は GR の崩壊過程の物理的背景に有意な知見を与える重要な結果である。さらに、GR 状態から核子放出を経ず直接炭素 12 の基底状態に遷移する際に放出されるガンマ線の直接検出にも世界で初めて成功し、その確率は約 0.3% 程度であることを発見した。以上の結果の応用例として、KamLAND のような大型液体シンチレータ検出器における銀河中心超新星爆発ニュートリノの中性カレント相互作用数の期待値を計算した。また、今後原子核のこのような性質を積極的に利用するサイエンスへの波及効果も期待できる。

Reen 氏の博士論文およびその参考論文はよくまとまっており、審査会における発表および質疑応答も明確である。また、参考論文は共著ではあるが、Reen 氏の研究への価値とその寄与が認められた。以上より、Reen 氏を合格とする。