

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB	グザイ原子 X 線測定によるグザイ粒子-原子核間相互作用の研究				
研究テーマ (欧文) AZ	Study of the Xi-nucleus interaction via X-ray spectroscopy of Xi atoms.				
研究氏 代 表 名 者	カタカナ CC	姓)タニダ	名)キヨシ	研究期間 B	2007 ~ 2009年
	漢字 CB	谷田	聖	報告年度 YR	2009年
	ローマ字 CZ	Tanida	Kiyoshi	研究機関名	京都大学
研究代表者 CD 所属機関・職名	京都大学 理学研究科・助教				
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。) 本研究では、J-PARC における世界初の三原子 X 線測定実験(E03)に向けて、その鍵となる 2 つの技術開発を行った。1 つは X 線のエネルギーを 0.05 keV という高い精度で決めてやるために必要な較正システムの開発であり、もう 1 つは K 中間子と陽子を区別するためのトリガーカウンターの開発である。いずれも、当研究費の多くを借り物の検出器の修理に充てたため、実機を製作するところまでは至らなかったが、方法の有用性を実証することができ、技術開発としては成功した。 まず、較正システムの方であるが、^{133}Ba よりも天然の Lu に 2.6% 含まれる ^{176}Lu を用いる方が有効であることがわかった。^{176}Lu は半減期が 380 億年と実際上永久に放射能が減る心配がなく、しかも天然の放射線源であるため取り扱いが非常に簡単かつ安価であるという利点がある。γ 線のエネルギーも 201 keV と 307 keV であり、三原子 X 線測定実験で使うのにちょうどいい較正点が得られる。そこで、Lu を含むシンチレーターである LS0 (Lu_2SiO_5) を購入して試験を行った。LS0 の大きさは 8mm ϕ $\times$ 1mm と小さなもので、この大きさだと放射能は 15Bq しかないが、LS0 自身で ^{176}Lu の崩壊をほぼ 100% の効率でトリガーすることができるため、in-beam での実験においても効率よく較正データを収集することができる。実際に in-beam での較正実験を行ったところ、X 線測定時よりも強いビームを当てたとしても、5 時間ごとに 50eV の精度の較正が可能であることが示せた。この成果は J-PARC のプログラム委員会に認められ、E03 は Stage-2 (full) approval を獲得することができた。 LS0 を使った較正システムが有効であることを示すことには成功したが、不幸にも借りていた X 線検出器(ゲルマニウム半導体検出器)が 2008 年 2 月に故障してしまい、一時研究が中断した。幸いにして後で別のゲルマニウム検出器を借りることで研究を続けることができたが、故障した検出器は修理する義務があったので、住友財団の承諾を得て当研究費をその修理代に充当した。そのため、LS0 は当研究費では 1 セットしか製作できず、また次に述べるようにトリガーカウンター製作にも影響が出た。 もう一方の柱のトリガーカウンターの開発であるが、屈折率 1.11~1.14 の高密度シリカエアロゲルを 6 枚千葉大学より譲り受け、テストを行った。この際、上に述べた問題から資金が不足したため、光電子増倍管(PMT)は借り物を使っている。テストの結果、チェレンコフカウンターは屈折率から計算されるスレショルドよりも少し遅い粒子に対しても鳴ることがあることがわかった。例えば、屈折率が 1.13 の場合、スレショルドは $\beta=0.885$ のはずであるが、チェレンコフカウンターは $\beta=0.86$ 付近から鳴り始めていた。この理由としては、屈折率は波長 400nm で測定された値であり、より短い波長に対しては少し大きくなること、シリカエアロゲルは完全に一樣な物質ではないため、屈折率に多少ムラがあるとの 2 つの理由が考えられる。このことも考慮し、エアロゲルの最適な屈折率を 1.12 と決定した。また、テストの結果を取り入れたシミュレーションを行い、最適な屈折率のチェレンコフカウンターを使うことで、K 中間子に対しては 95% 以上の感度を持ちながら、陽子を 90% 以上落とすことができるとの結果が得られた。					
キーワード FA	X 線分光	チェレンコフカウンタ	γ 線エネルギー較正		

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

In this research project, we have developed two experimental techniques which play key roles for the world-first X-ray spectroscopy experiments of Xi atoms at J-PARC (E03 experiment). One is a calibration method of X-ray energies and the other is the development of a trigger counter to distinguish kaons from protons. We were able to show that both methods work very well.

For the calibration method, we used active sources which consist of a small (8mm ϕ × 1mm) LSO (Lu₂SiO₅) scintillator and a PMT. Lu contains a natural radioactive isotope, ¹⁷⁶Lu, which emits several gamma-rays after beta-decay. This source is self-triggerable, and can be used very efficiently under in-beam conditions. An in-beam test showed that we can achieve 0.05 keV or better precision every 5 hours even if the beam is stronger than expected in the actual experiment. This result was reported to the Program Advisory Committee of J-PARC, and a Stage-2 (full) approval was granted to the E03 experiment.

As for the new trigger counter, we obtained 6 plates of silica aero-gel whose refractive indexes ranges from 1.11 to 1.14 and made a prototype Cherenkov counter. The result of a test showed that the counter fired for particles slightly slower than the threshold expected from the refractive index; with n=1.13, the counter would have a threshold of $\beta=1/n=0.885$, while it actually starts to fire around $\beta=0.86$. There are two possible reasons for this behavior, namely, (1) While the refractive index is measured at the wavelength of 400 nm, it is larger for shorter wavelengths. (2) Silica aero-gel is not perfectly uniform so that it is rather natural that the refractive index has some fluctuation. We considered this effect and determined the optimal refractive index to be 1.12. With the optimized refractive index, the rejection probability of the Cherenkov counter for proton is better than 90%, while keeping > 95% efficiency for kaons.