

氏名 (本籍)	AYE MOH MOH THEINT (ミャンマー連邦共和国)
学位の種類	博士 (工学)
学位授与番号	甲第550号
学位授与日付	平成31年3月25日
専攻	環境エネルギーシステム専攻
学位論文題目	Trapping probability of strangeness via Ξ^- hyperon capture at rest in nuclear emulsion (原子核乳剤中のグザイ・マイナスハイペロンの静止吸収によるストレンジネス吸収確率)
学位論文審査委員	(主査) 教授 新村 昌治 (副査) 教授 仲澤 和馬 准教授 吉田 憲充

論文内容の要旨

申請論文は、ストレンジ量子数が -2 のグザイ・マイナス (Ξ^-) 粒子を原子核中に注入すると、どのような頻度でストレンジクォークが吸着するか (吸着頻度) を、過去の10倍近い注入粒子数で調べたものである。このような情報は、 Ξ^- 粒子と核子との相互作用の強さや、ラムダ (Λ) 粒子間の相互作用の強さを反映するダブル Λ 核の生成頻度と結びつき、通常の原子核の数倍以上の高い密度をもつ中性子星の内部構造の理解につながるものと期待される。

第2章では、ダブル Λ 核発見の経過に触れるとともに、過去の唯一の吸着頻度データは、信頼度90%の下限値を与えているが、申請論文では頻度そのものを得られることに対する期待が述べられている。

第3章では、高感度な写真乾板である原子核乾板 (以後、乾板) 中の、 Ξ^- 粒子候補静止事象約 2×10^4 例の中から、負電荷粒子が静止したことが明確である、静止点で吸収原子核の崩壊に伴う荷電破砕片を伴う766事象 (以後、 σ 静止事象) のうち、乾板中で $800\mu\text{m}$ 以上の飛程を持ち後述の電磁散乱を扱うことが可能な695事象を対象とした。その中で真の Ξ^- 粒子による事象を選抜すべく、静止するまでの荷電粒子が乾板の原子核から受ける電磁相互作用による散乱を測定した。Backgroundとの識別には、散乱による進行方向からのズレ (Second difference: 2次変位) が Ξ^- 粒子に対しては不変になるように、計算でズレの測定位置を求め、 Ξ^- 粒子でない場合にはズレが異なることを利用する、数十年前に開発された Constant sagitta 法と呼ばれる手法を採用した。乾板のゆがみの補正により、 x - z 、 y - z 平面への射影で飛跡の位置測定精度を各々 $0.25\mu\text{m}$ に抑えられたので、 Ξ^- 粒子に対する不変となるべきズレを測定精度の4倍の $1.0\mu\text{m}$ として、静止する荷電粒子に対してそれぞれズレの2乗平均平方根 (RMS: Root Mean Square), δ_{RMS} , を求めたところ、二つの peak が得られた。

第4章では、物質中の粒子飛跡シミュレーションのキット: GEANT4 (GEometry ANd Tracking ver. 4) を用いて、 Ξ^- 粒子と background となるパイ・マイナス (π^-) 粒子を発生させて、 Ξ^- と π^- の混合比を変えつつ δ_{RMS} 分布を求め、 χ^2/ndf が最小となる混合比 $0.622 : 0.378$ を突き止めた。またシグマ・マイナス (Σ^-) 粒子の混入について、過去の実験結果とシミュレーションとの比較を適用し、真の Ξ^- 事象の3.2%を系統誤差として計上できた。これにより、695の σ 静止事象のうち真の Ξ^- の静止事象数 $432.3 \pm 7.6 \pm 14.0$ を得ることに成功した。乾板を構成する元素は、軽い元素 (C, N, O) と重い元素 (Ag, Br) に分類され、前者は後者に比べ核内から荷電粒子を放出する際の電位障壁 (potential barrier) が低く、短飛程 (3~ $31\mu\text{m}$) の荷電粒子が放出されることが知られており、この観点で、真の Ξ^- 吸収である417事象を分類した結果、軽い元素による吸収、重い元素による吸収はそれぞれ180, 237事象であることが分かった。これらの事象において、ダブル Λ 核などの生成あるいは崩壊時の解放エネルギーの大きさから、 Λ 粒子を二つ持つ原子核の生成頻度は、 Ξ^- 粒子の軽いあるいは重い原子核吸収において $5.0 \pm 1.7\%$ あるいは $4.2 \pm 1.4\%$ と得た。また、少なくとも一つの Λ 粒子を吸着する確率は、それぞれ、 $69.4 \pm 8.1\%$ あるいは $51.1 \pm 5.7\%$ と得ることに成功した。

第5章では、本申請論文の示す統計が過去の実験の約10倍であることを示すとともに、明確なダブル Λ 核やノイズ事象の示す δ_{RMS} から、解析の信頼性について言及されている。

論文審査結果の要旨

本申請論文は、ストレンジ量子数 -2 の Ξ 粒子を乾板内で静止吸収させた際に、同量子数 -1 の Λ 粒子の吸着頻度を、過去の約10倍の統計で解析したものである。その要点は、

1)荷電粒子識別における電磁散乱を利用した数十年前の手法である Constant Sagitta 法を、現代の高速化技術を利用して蘇らせることに成功した。

2)モンテカルロ・シミュレーション (Geant4) を駆使して、実験データの解釈を進め、データ内のバックグラウンドの算出に成功した。

3)これにより、乾板内の軽い元素群と重い元素群に対して、それぞれ、二つの Λ 粒子、及び、少なくとも一つの Λ 粒子の吸着頻度の導出に成功した。

これらにより、現在進展中のさらに約10倍の統計が期待できる実験へ適用の可能性を示している。

本論文の主たる部分は、査読付き論文として発表、あるいは掲載許可を得ている。参考論文として共著論文5編(1編は査読付き論文、他は proceedings)が発表されていることを確認した。以上から、本論文は博士(工学)の学術論文として価値あるものと認める。

最終試験結果の要旨

平成31年1月29日に学位論文公聴会を開催し、質疑・討論を行った。また、その終了後、主査・副査3名の出席のもとで口頭試問を行い、これを最終試験とした。その結果、論文提出者が学位(工学)の取得に必要な学力を有していることが確認できたので、最終試験に合格とした。

発表論文(論文名, 著者, 掲載誌名, 巻号, ページ)

1. Charge identification of low energy particles for double strangeness nuclei in nuclear emulsion. Shinji Kinbara, Aye Moh Moh Theint, (16人中12番目), et al., Prog. Theor. Exp. Phys., 2019, 011H01, DOI: 10.1093/ptep/pty137

2. Trapping probability of strangeness via Ξ^- hyperon capture at rest in nuclear emulsion. Aye Moh Moh Theint, (10人中1番目), et al., In print, Prog. Theor. Exp. Phys., 2019, 021D01, DOI: 10.1093/ptep/pty147

参考論文

1. Study of Double-strangeness Nuclear Systems with Nuclear Emulsion. Kazuma Nakazawa, Aye Moh Moh Theint, (13人中9番目), et al., Physics Procedia (ELSEVIER), Volume 80, (2015) 69-73.

2. Emulsion Scanning Systems for Double-strangeness Nuclei. Junya Yoshida, Aye Moh Moh Theint, (7人中7番目), et al., Physics Procedia (ELSEVIER), Volume 80, (2015) 62-64.

3. Isotope Identification in Nuclear Emulsion. Shinji Kinbara, Aye Moh Moh Theint, (12人中5番目), et al., JPS Conf. Proc., 021014 (2015).

4. A new scanning system for alpha decay events as calibration sources for range-energy relation in nuclear emulsion. J. Yoshida, A.M.M. Theint, (7人中6番目), et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 847 (2017) 86-92.

5. Scanning systems for searching double strangeness nuclei in nuclear emulsion Junya YOSHIDA, Aye Moh Moh Theint, et al., (9人中8番目), et al., JPS Conf. Proc., 032001 (2017).