

物理教室年次報告書  
平成20年度

2009年3月  
九州大学大学院理学研究院物理学部門

# 粒子物理学講座(原子核実験グループ)

## 研究室構成員

野呂哲夫 教授      相良建至 教授      本林透 (客員) 教授  
若狭智嗣 准教授      寺西高 准教授  
森川恒安 助教      藤田訓裕 助教  
古賀義博 技術職員      前田豊和 技術職員

## 《 大学院 博士課程 》

堂園昌伯      山田由希子      黒坂翔      谷口雅彦

## 《 大学院 修士課程 》

五百木崇博      今村拓己      島本昌樹      下田広己  
末田雄大      福田毅      岩淵利恵      上地健一  
江口祐一郎      後藤昂      中野桂樹      八嶋恵介

## 《 学部 卒業研究生 》

池谷康佑      市川裕大      大場希美      宍戸拓郎  
鈴木崇寛      成末啓典      松本雄一      早ノ瀬亮  
矢部達也

## 担当授業

力学基礎・同演習(若狭智嗣、野呂哲夫)、数値計算法(若狭智嗣)、基礎物理実験学・同実験(若狭智嗣、寺西高)、物理学ゼミナール(若狭智嗣)、物理実験学(寺西高)、物理学最前線(寺西高)、自然科学概論(寺西高) コアセミナー(野呂哲夫)、力学(野呂哲夫)、電磁気学(相良建至)、電磁気学I・同演習(相良建至)、核実験学(相良建至)、物理学実験(藤田訓裕、森川恒安、寺西高)

## 研究・教育目標と成果

### 《 今年度の目標 》

**3** 核子力の探索及び3核子系における **star** 異常の研究(相良建至 黒坂翔、下田広己、末田雄大、江口祐一郎、八嶋恵介 [4年生 矢部達也、宍戸拓郎])

実験データが確定した pd capture Axx 異常, pd breakup 断面積と Ay の異常について、異常と未発見の短距離型 3 核子力との関連を議論し、結果を国際会議で発表し、かつ出版公表する。pd capture Axx 異常についてはこれ以上の実験を企画しないが、pd breakup 断面積と Ay の異常については系統的实验を企画し、その 1 つの実験を RCNP に申し込む。全体で数年かかる実験計画になる。

九大タンデムで、 $E_p=13\text{MeV}$  および  $9.5\text{MeV}$  での star anomaly の  $\alpha$  依存性の測定を完成する。同時に、RCNP で  $E_d=26\text{MeV}$  での star anomaly の  $\alpha$  依存性の実験も行う。

原子核のスピン双極子モードの統一的理解 (堂園昌伯、若狭智嗣)

$^{12}\text{C}(\bar{p}, \bar{n})^{12}\text{N}$  反応のスピン完全セットから、 $^{12}\text{N}$  原子核のスピン双極子共鳴状態のスピン構造を統一的理解することを目指し、スピン多重極展開法の確立と学生の指導を研究・教育目標とした。

ポジトロニウムの 2 光子崩壊測定による量子力学の非局所性の検証 (成末啓典、山本潤輝、若狭智嗣)

ポジトロニウムの崩壊 2 光子のスピン相関を測定し、Bell の不等式により量子力学の非局所性を検証する事を目指し、コンプトン偏光度計の製作とそれを用いた実験を研究・教育目標とした。

( $p, pn$ ) 反応による NN 相互作用媒質効果の探索 (山田由希子、今村拓也、野呂哲夫)

核内での  $p-p$  散乱である ( $p, 2p$ ) 反応で偏極分解能 ( $A_y$ ) が自由空間での値から大きく減少している問題について、核内  $p-n$  散乱に相当する ( $p, pn$ ) 反応で同様な測定を行い、核内媒質効果についての新たな情報を得る。

LAS スペクトロメータ測定系の性能向上 (松田祥英、野呂哲夫)

2007 年度に取得した実験データを元に輸送行列を求め、実用的な有限立体角での高分解能測定の見込を得る。

天体ヘリウム-炭素核融合反応速度の測定 (相良建至、寺西高、藤田訓裕、前田豊和、谷口雅彦、五百木隆博、中野桂樹、後藤昇、岩淵利恵 [4 年生：大場希美、市川裕大、鈴木崇寛、松本雄一])

最終的な気体標的とガス循環装置を設計・製作した後、ヘリウム-炭素核融合反応断面積の測定を  $E_{\text{cm}}=2.4\text{MeV}$  で再測定する。その後  $1.5\text{MeV}$  での測定を行い、さらに  $1.15\text{MeV}$  での測定に進む。新任の藤田訓宏助教を加えてスタッフが 3 人に増えた。科研費 B が採択されあと 3 年間の実験費が確保できた。人的体制を整え、最終目標の

0.7MeVでの測定を3年で終わられるよう計画を進める。

#### 低エネルギー不安定核ビームによる不安定核の共鳴状態の研究 (寺西高)

安定線から離れた核種 ( $^{17}\text{Ne}$  や  $^9\text{Li}$  等) の2次ビームを用いて未知の非束縛核や非束縛励起状態を探索し、不安定核の構造や不安定核の共鳴が関与する天体核反応についての知見を得る。今年度は主として、これまでの成果をまとめ発表しつつ本実験にむけてのテスト実験を行う。

加速器質量分析 (AMS) の開発 (森川恒安、野呂哲夫、島本昌樹、福田毅、上地健一)  
AMS システムの高精度化・安定化を進め、試料交換に伴うバラツキを含めての1%以内での測定の実現を目指す。前年度度行うことの出来なかったグラファイト試料の作成に着手する。

#### 高スピン原子核構造の研究 (森川恒安)

質量数 30 ~ 40 領域の中性子過剰側の核について理論的に予言されている超変形状態の探査実験を行うとともに、この質量数領域の高スピン殻構造を系統的に調べる。

#### 新キャンパスでの加速器施設建設 (全教員)

移設事業の2年目であり、工学研究院と協力して年度内の加速器組み上げとビームテストの実施を目指す。また、経常的な運営のための環境整備に努力する。

#### 《 今年度の成果 》

#### 3 核子力の探索及び3核子系における star 異常の研究 (相良建至 黒板翔、下田広巳、末田雄大、江口祐一郎、八嶋恵介 [4年生 矢部達也、宍戸拓郎])

1) pd capture  $A_{xx}$  異常については、直近の実験データ解析と過去の実験データの新手法による解析で、異常が存在することが判った。その結果を、インドネシアでの国際会議 (APFB08, Aug. 2008) で発表した。ただし、異常の大きさには未だバラつきがあり、その原因がデータ解析の未完にありそうだと判った。この対策をしたが、人員不足で決着に至っていない。

2) 250MeVでのpd breakupでは、 $A_y$ より断面積の異常の解明を先行させた。250MeVでのpd breakup断面積測定をRCNPに申請し、H21に実験できることになった。RCNP散乱槽の常設スライディングメンブレンを25  $\mu\text{m}$  アラミド膜に置き換える画期的手法

をとり、その技術開発を行った。

3) 九大タンデムで、 $E_p=13\text{MeV}$  および  $9.5\text{MeV}$  での star anomaly の  $\alpha$  依存性の測定を行った。さらに、宮崎大・前田幸重助教 G と共同で、 $E_d=26\text{MeV}(E_p=13\text{MeV})$  での star anomaly の  $\alpha$  依存性の実験を RCNP で行った。開発した回転標的は期待通りの性能を発揮した。 $E_d=26\text{MeV}$  anomaly は、ケルン大の  $E_d=19\text{MeV}$  データと異なり、期待された  $\alpha$  依存性を示した。予備的な結果を APFB08 で M2 院生が報告した。

その後、QFS (quasi-free scattering) anomaly と言える断面積異常があるかも知れないと気づき、角度依存性を測定し始めた。QFS 異常はあるが、系統的議論をするにはまだデータ不足である。

1)2)3) のデータは、鎌田裕之・九工大教授、石川壮一・法政大教授、Dr. Deltuva (Lisbon), Prof. Witala (Cracow) の理論計算と比較している。新 3 核子力、3 体系の謎を実験・理論共同で研究している。

研究計画に沿って興味深い実験結果が得られているが、教員スタッフが極めて少ないのが残念である。熱心な院生の貢献が大きく、なんとか実験が進んでいる。

#### 原子核のスピン双極子モードの統一的理解 (堂園昌伯、若狭智嗣)

スピン双極子共鳴は、軌道角運動量  $L = 1$  (通常空間での振動) とスピン  $S = 1$  (スピン空間での振動) が結合した状態で、そのスピン・パリティは  $0^-, 1^-, 2^-$  の 3 つの状態がある。断面積のみの測定では、これら 3 つの状態の分離は非常に難しい為、これまでは 3 つの状態和に対してのみ議論されてきた。しかしながら、近年核力の重要な性質の 1 つであるテンソル力成分の寄与が 3 つの状態に強く依存する事が理論的に指摘されている。この原子核構造におけるテンソル力成分の寄与の定量的理解という領域を開拓するためには、3 つの状態を実験的に分離する必要がある。そこで我々は、偏極観測量を用いて 3 つの状態を分離するスピン多重極展開法を開発した。得られた結果を、アナログ反応の結果と比較することにより、スピン多重極展開法が正しく機能しており、かつ必要な定量的精度が得られるとの知見を得た。

#### ポジトロニウムの 2 光子崩壊測定による量子力学の非局所性の検証 (成末啓典、山本潤輝、若狭智嗣)

ポジトロニウムからの崩壊 2 光子 (実際には  $\beta^+$  線源である  $^{22}\text{Na}$  からの  $e^+$  と  $e^-$  の対消滅による) のスピン (偏光) には相関がある。古典論 (局所实在論) ではお互いのスピンの向きは崩壊した瞬間に定まっているのに対して、量子力学 (非局所的) では一方のスピンの向きが確定 (測定) した瞬間に他方のスピンの向きが定まる。どちらの解釈が正しいかは、2 つのスピンの向きの相関の強さを測定して、Bell の不等式と比較する事により検証できる。そこで我々は、ポジトロニウムからの崩壊光子 (511 keV) の偏光度

を測定できるコンプトン偏光度計を2組製作した。製作した偏光度計を用いて相関の強さを測定したところ、古典論では説明出来ない強い相関が測定された。その強い相関は量子力学により定量的に再現され、量子力学の非局所性が実験的に検証された。

**( $p, pn$ ) 反応による NN 相互作用媒質効果の探索 (山田由希子、今村拓也、野呂哲夫)**

中性子 TOF 検出器である NPOL3 とスペクトロメータ LAS を組合せた ( $p, pn$ ) 反応測定のテスト実験を 2008 年 4 月に実施し、実験技術的に困難なこの測定の目処を立てた。その結果を受けて 10 月に本実験を実施、中性子前方放出・陽子後方放出条件での測定に成功した。 $(p, 2p)$  反応では自由空間での  $p-p$  散乱に比べて大幅に  $A_y$  が低下しているのに対して、 $(p, pn)$  反応の  $A_y$  は  $p-n$  散乱より若干大きくなっているという興味ある結果を得た。

**LAS スペクトロメータ測定系の性能向上 (松田祥英、野呂哲夫)**

2007 年度に取得した  $E_p=136\text{MeV}$  での実験データを元に、全焦点面に対してエネルギー分解能が 130~140keV 程度となる輸送行列を得た。これは従来値 ( $\Delta E > 200\text{keV}$ ) を大きく改善したものになっている。

天体ヘリウム-炭素核融合反応速度の測定 (相良建至、寺西高、藤田訓裕、前田豊和、谷口雅彦、五百木隆博、中野桂樹、後藤昇、岩淵利恵 [4 年生：大場希美、市川裕大、鈴木崇寛、松本雄一])

最終的な膜なし気体標的を設計し製作して、24Torr の高圧を達成した。昨年ガス圧測定は気圧計が不備であり、実は 15Torr 程度しか達成できていなかった。新作の標的は精密気圧計を購入して測定し、ガス流路に改善を加えて高圧化した。15 年越しの目標がやっと達成できた。ガス循環系はまだ出来ていない。

ヘリウム-炭素核融合反応断面積が  $E_{\text{cm}}=2.4\text{MeV}$  で再測定できなかった原因がようやく判り、反跳粒子分析器 (RMS) に 5 対の可動スリットを新規挿入したところ、バックグラウンドがなくなり、H21 年 1 月-2 月に綺麗な測定が出来た。 $E_{\text{cm}}=1.5\text{MeV}$  の測定にむけて計画を見直し、準備を進めた。

これまでの計画遅れの原因は、院生間でノウハウの伝達がされてなく、技術低下でミスが多く報告も不正確なことにあったと判った。ほとんどが修士で卒業してゆくこととスタッフ不足のためであった。改善し始めたが、未だ初歩的ミスによる装置故障が多い。手作りの職人芸的実験を目指しているので今後の大きな課題である。この問題解決には数年の教育期間が要る。

韓国を相良が訪問し、天体核実験協力を探った。

低エネルギー不安定核ビームによる不安定核の共鳴状態の研究 (寺西高)

$^{11}\text{Li}$  のハロー・アナログ状態 ( $^9\text{Li}+d$  共鳴) の探索計画のためのテスト実験として、KEK/原子力機構の TRIAC において  $^8\text{Li}+d$  散乱のテスト測定を行った。実験セットアップおよび解析手法が検討している本測定に対して適用可能であることが分かった。次に東大 CNS/理研の CRIB において、陽子ドリップライン外側の非束縛核  $^{18}\text{Na}$  ( $^{17}\text{Ne}+p$  共鳴) の準位を探索する計画の一部として第 2 回目の 2 次  $^{17}\text{Ne}$  ビーム生成テスト実験を行った。今回は、実際に  $^{17}\text{Ne}+p$  測定のための簡単なセットアップを組み、実際にビーム粒子識別が可能でビーム強度が十分であることを確認した。これにより本実験のための準備が整った。

加速器質量分析 (AMS) 系の開発 (森川恒安、野呂哲夫、島本昌樹、福田毅、上地健一)

イオンビームの高速逐次切替機構を開発しターミナル電圧の安定性を大幅に改善すると共に、ビーム輸送パラメータのリアルタイムモニタシステムを開発した。1970 年代以降 2006 年までの植物標本試料について 1 % 以内の精度での年代測定に成功した。この成功をふまえて、学内外の研究室・機関との共同研究の議論を開始した。

高スピン原子核構造の研究 (森川恒安)

$^{40}\text{Ar}$  核について実験を行い既知の低励起準位の上に構築された高スピン回転状態を新たに見いだした。この回転状態は超変形状態としての特徴を有していることから、この質量数領域での 3 例目の超変形状態である可能性が高い。また、より中性子過剰側の高スピン状態生成のための予備実験として励起関数測定の実験を実施し、実験手法の有効性を確認した。

新キャンパスでの加速器施設建設 (全教員)

7 月に加速器・ビーム応用科学センターの建物が完成し、秋には入射サイクロトロン調整運転を実施した。また、12 月にはセンター発足の記念式典を挙行了。FFAG 加速器本体については、建物の遅れあって当初計画より若干遅れ気味ではあるが、新キャンパスでの最終アラインメントに向けて準備が進められている。

《 来年度の目標 》

3 核子力の探索及び 3 核子系における star 異常の研究 (相良建至 黒板翔、下田広巳、末田雄大、江口祐一郎、八嶋恵介 [4 年生 矢部達也、宍戸拓郎])

新3核子力の探索、及び3核子系における異常の研究を続行する。3年後の福岡市でのFB20国際会議 (IUPAP-B, chair Sagara) に向けての準備も行う。

250MeVでのD(p,pp)n実験をRCNPで実施し、データ解析をしっかりとやって、これまでに見つけたD(p,p)pn異常の原因を探る。ここから新3核子力の証拠が見つけられるか、興味深々である。

九大タンデムで、star anomaly と QFS anomaly の系統的实验を続行する。また、Ed=19MeVのケルン大・データを再確認する実験を、RCNPに申し込み、早ければ冬に実験する。

FB19(Bonn)、日米物理学会 (Hawaii) などで、院生を中心に研究成果を発表する。

原子核の多重極モードの和則の検証 (堂園昌伯、若狭智嗣)

$^{12}\text{C}(\bar{p}, \bar{n})^{12}\text{N}$  反応のスピ完全セットに対してスピン多重極展開を適用し、これまで不可能であった原子核の多重極モードに対する和則を検証することを目標とする。

(p, pn) 反応による NN 相互作用媒質効果の探索 (山田由希子、今村拓也、野呂哲夫)

2008年度に引き続き (p, pn) 反応の測定 (陽子前方放出条件) を行い、NN相互作用媒質効果についての新たな実験的知識を得る。

LAS スペクトロメータ高分解能化を活かしての Ca アイソトープの陽子殻エネルギーの測定 (松田祥英、野呂哲夫)

130~140keV となった LAS 高分解能化の成果を用いて (p, 2p) 反応の測定を行い、Ca アイソトープについて陽子の  $1d_{3/2}$ 、 $1d_{5/2}$ 、 $2s_{1/2}$  軌道の分布と平均殻エネルギーを求める。

天体ヘリウム-炭素核融合反応速度の測定 (相良建至、寺西高、藤田訓裕、前田豊和、谷口雅彦、五百木隆博、中野桂樹、後藤昇、岩淵利恵 [4年生:大場希美、市川裕大、鈴木崇寛、松本雄一])

Ecm= 1.5MeVでの測定を行う。ビーム強度向上、パルス化効率のためのバンチャー改造、RMSの最適化によるバックグラウンド低減、断面積絶対値評価のための標的厚さ実測・荷電割合実測など多くの課題がある。学生の教育訓練が大きい仕事でもある。幸いに、パーマネントの助教が採用できることになった。8月に着任予定である。やっと体制立て直しができるが、時間がかかる。

低エネルギー不安定核ビームによる不安定核の共鳴状態の研究 (寺西高)

不安定核ビームを用いた共鳴状態の研究をさらに進め、実験、データ解析、成果発

表、学生の指導を行う。

加速器質量分析 (AMS) 系の開発 (森川恒安、野呂哲夫、上地健一、池谷康佑)

イオン源パラメータのリアルタイムモニタシステムの整備を行う。AMS測定試料の交換機構に関して、コンピュータ制御による自動交換機能の開発を進める。学内外の研究室・研究機関との共同研究を進める。

高スピン原子核構造の研究 (森川恒安)

更に実験を進め  $^{40}\text{Ar}$  核に見いだされた回転準位が超変形状態であることを確定させると共に、より中性子過剰側の核について高スピン殻構造を調べる。また希土類核の高励起状態に於いて K 選択則が成立しているかどうかを中性子捕獲反応の即発ガンマ線の測定により調べる。

加速器質量分析 (AMS) 系の開発 (森川恒安、野呂哲夫、佐藤友哉、藤田一洋、皆本洋、島本昌樹、福田毅)

今年度の 1%精度での現代種子測定成功を受け、系統的な種子測定を行う。また、システムの実用的使用を目指し、自動化等に向けた開発も行う。

新キャンパスでの加速器施設建設 (全教員)

工学研究院を中心として行われる FFAG 加速器設置と調整運転に協力し、年度末には放射線発生器としての施設検査を受ける。

発表論文

《原著論文》

High resolution study of isovector negative parity states in the  $^{16}\text{O}(^3\text{He}, t)^{16}\text{F}$  reaction at 140 MeV/nucleon:

H. Fujita, G.P.A. Berg, Y. Fujita, J. Rapaport, T. Adachi, N.T. Botha, H. Fujimura, K. Fujita, K. Hara, K. Hatanaka, J. Kamiya, T. Kawabata, K. Nakanishi, R. Neveling, N. Sakamoto, Y. Sakemi, Y. Shimbara, Y. Shimizu, F.D. Smit, M. Uchida, T. Wakasa, M. Yoshifuku, M. Yosoi, and R.G.T. Zegers,

Phys. Rev. C **79** (2009) 024314-1-7.

Decay Pattern of Pygmy States Observed in Neutron-Rich  $^{26}\text{Ne}$ :

J. Gibelin, D. Beaumel, T. Motobayashi, Y. Blumenfeld, N. Aoi, H. Baba, Z. Elekes, S. Fortier, N. Frascaria, N. Fukuda, T. Gomi, K. Ishikawa, Y. Kondo, T. Kubo, V. Lima, T. Nakamura, A. Saito, Y. Satou, J.-A. Scarpaci, E. Takeshita, S. Takeuchi, T. Teranishi, Y. Togano, A.M. Vinodkumar, Y. Yanagisawa, K. Yoshida, Phys. Rev. Lett. **101** (2008) 212503-1-4.

A study of the proton resonant property in  $^{22}\text{Mg}$  by elastic scattering of  $^{21}\text{Na} + p$  and its astrophysical implication in the  $^{18}\text{Ne}(\alpha, p)^{21}\text{Na}$  reaction rate:

J.J. He, S. Kubono, T. Teranishi, M. Notani, H. Baba, S. Nishimura, J.Y. Moon, M. Nishimura, S. Michimasa, H. Iwasaki, Y. Yanagisawa, N. Hokoïwa, M. Kibe, J.H. Lee, S. Kato, Y. Gono, C.S. Lee, European Physical Journal A **36** (2008) 1-5.

Cross sections and analyzing powers for  $(p, n)$  reactions on  $^3\text{He}$  and  $^4\text{He}$  at 346 MeV:

E. Ihara, T. Wakasa, M. Dozono, K. Hatanaka, T. Imamura, M. Kato, S. Kuroita, H. Matsubara, T. Noro, H. Okamura, K. Sagara, Y. Sakemi, K. Sekiguchi, K. Suda, T. Sueta, Y. Tameshige, A. Tamii, H. Tanabe, and Y. Yamada, Phys. Rev. C **78**, (2008) 024607.

Large proton contribution to the  $2+$  excitation in  $^{20}\text{Mg}$  studied by intermediate energy inelastic scattering:

N. Iwasa, T. Motobayashi, S. Bishop, Z. Elekes, J. Gibelin, M. Hosoi, K. Ieki, K. Ishikawa, H. Iwasaki, S. Kawai, S. Kubono, K. Kurita, M. Kurokawa, N. Matsui, T. Minemura, H. Morikawa, T. Nakamura, M. Niikura, M. Notani, S. Ota, A. Saito, H. Sakurai, S. Shimoura, K. Sugawara, T. Sugimoto, H. Suzuki, T. Suzuki, I. Tanihata, E. Takeshita, T. Teranishi, Y. Togano, K. Yamada, K. Yamaguchi, Y. Yanagisawa, Phys. Rev. C **78** (2008) 024306-1-5.

Experimental Approach to Explosive Nucleosynthesis with RI Beams:

S. Kubono, Y. Yamaguchi, G. Amadio, S. Hayakawa, Y. Wakabayashi, Y. Kurihara, J.J. He, A. Saito, H. Fujikawa, Le Hong Khiem, M. Niikura, T. Teranishi, N. Iwasa, S. Kato, S. Nishimura, C.S. Lee, Y.K. Kwon, I.S. Hahn, A. Kim, Journal of the Korean Physical Society **54** (2009) 308-312.

Neutron capture cross section of  $^{14}\text{C}$  of astrophysical interest studied by Coulomb

breakup of  $^{15}\text{C}$ :

T. Nakamura, N. Fukuda, N. Aoi, N. Imai, M. Ishihara, H. Iwasaki, T. Kobayashi, T. Kubo, A. Mengoni, T. Motobayashi, M. Notani, H. Otsu, H. Sakurai, S. Shimoura, T. Teranishi, Y. X. Watanabe, and K. Yoneda,  
Physical Review C **79** (2009) 035805-1–6.

Wolfenstein Parameters for  $s_{1/2}$  proton knockout ( $p, 2p$ ) reactions

T. Noro, M. Kawabata, G. C. Hillhouse, S. Akimune, H. Akiyoshi, I. Daitoh, K. Hatanaka, M. Itoh, Y. Maeda, N. Matsuoka, S. Morinobu, M. Nakamura, A. Okihana, K. Sagara, H. Sakaguchi, K. Takahisa, H. Takeda, A. Tamii, K. Tamura, H. Toyokawa, H. Yamazaki, H. P. Yoshida, and M. Yosoi,  
Phys. Rev. C **77** (2008) 044604-1–10.

Low-lying proton intruder state in  $^{13}\text{B}$ :

S. Ota, S. Shimoura, H. Iwasaki, M. Kurokawa, S. Michimasa, N. Aoi, H. Baba, K. Demichi, Z. Elekes, T. Fukuchi, T. Gomi, S. Kanno, S. Kubono, K. Kurita, H. Hasegawa, E. Ideguchi, N. Iwasa, Y.U. Matsuyama, K.L. Yurkewicz, T. Minemura, T. Motobayashi, T. Murakami, M. Notani, A. Odahara, A. Saito, H. Sakurai, E. Takeshita, S. Takeuchi, M. Tamaki, T. Teranishi, Y. Yanagisawa, K. Yamada and M. Ishihara,  
Physics Letters B **666** (2008) 311–314.

Gamow-Teller unit cross sections of the ( $p, n$ ) reaction at 198 and 297 MeV on medium-heavy nuclei:

M. Sasano, H. Sakai, K. Yako, T. Wakasa, S. Asaji, K. Fujita, Y. Fujita, M.B. Greenfield, Y. Hagihara, K. Hatanaka, T. Kawabata, H. Kuboki, Y. Maeda, H. Okamura, T. Saito, Y. Sakemi, K. Sekiguchi, Y. Shimizu, Y. Takahashi, Y. Tameshige, and A. Tamii,  
Phys.Rev. C **79** (2009) 024602-1–9.

One-quasiparticle bands in neutron-rich  $^{187}\text{W}$ :

T. Shizuma, T. Ishii, H. Makii, T. Hayakawa, M. Matsuda, S. Shigematsu, E. Ideguchi, Y. Zheng, M. Liu, T. Morikawa, M. Oi, Phys. Rev. C **77** (2008) 047302.

Proton elastic scattering from tin isotopes at 295 MeV and systematic change of neutron density distributions

S. Terashima, H. Sakaguchi, H. Takeda, T. Ishikawa, M. Itoh, T. Kawabata, T. Murakami, M. Uchida, Y. Yasuda, M. Yosoi, J. Zenihiro, H. P. Ysoshida, T. Noro, T. Ishida, S. Asaji, and T. Yonemura,  
Phys. Rev. C **77** (2008) 024317-1–10.

The RCNP ( $n, p$ ) facility:

K. Yako, H. Sakai, M.B. Greenfield, K. Hatanaka, M. Hatano, J. Kamiya, Y. Maeda, K. Nagayama, H. Okamura, K. Sekiguchi, Y. Shimizu, K. Suda, A. Tamii, and T. Wakasa,  
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **592** (2008) 88.

Low-lying non-normal parity states in  $^8\text{B}$  measured by proton elastic scattering on  $^7\text{Be}$ :  
H. Yamaguchi, Y. Wakabayashi, S. Kubono, G. Amadio, H. Fujikawa, T. Teranishi, A. Saito, J.J. He, S. Nishimura, Y. Togano, Y.K. Kwon, M. Niikura, N. Iwasa, K. Inafuku, L.H. Khiem,  
Physics Letters B **672** (2009) 230–234.

Complete set of polarization transfer coefficients for the  $^3\text{He}(p, n)$  reaction at 346 MeV and 0 degrees:

T. Wakasa, E. Ihara, M. Dozono, K. Hatanaka, T. Imamura, M. Kato, S. Kuroita, H. Matsubara, T. Noro, H. Okamura, K. Sagara, Y. Sakemi, K. Sekiguchi, K. Suda, T. Sueta, Y. Tameshige, A. Tamii, H. Tanabe, and Y. Yamada,  
Phys. Rev. C **77** (2008) 054611.

⟨⟨Proceedings⟩⟩

Spectroscopy of resonance levels in  $^{14}\text{O}$  by  $^{13}\text{N}+p$  elastic resonance scattering:

T. Teranishi, S. Kubono, H. Yamaguchi, J.J. He, A. Saito, H. Fujikawa, G. Amadio, M. Niikura, S. Shimoura, Y. Wakabayashi, S. Nishimura, M. Nishimura, J.Y. Moon, C.S. Lee, A. Odahara, D. Sohler, L.H. Khiem, Z.H. Li, G. Lian, W.P. Liu  
Nuclear Physics A **805** (2008) 305c–307c.

Measurements of the inclusive  $pd$  breakup cross section at low and intermediate energies:

S. Kuroita, K. Sagara, T. Kudoh, T. Sueta, T. Sugimoto, H. Shimoda, Y. Yamada, T. Wakasa, T. Noro, Y. Tameshige, Y. Shimizu, T. Ishida, J. Kamiya, Y. Sakemi, A.

Tamii and K. Hatanaka

Few-Body Systems **44** (2008) 53-56.

Measurement of Azz of pd radiative capture at  $E_d = 196$  MeV

Y. Tameshige, K. Hatanaka, K. Sagara, M. Dozono, K. Fujita, E. Ihara, T. Kaneda, M. Kato, T. Kawabata, S. Kuroita, Y. Yamada, H. Matsubara, H. Okamoto, Y. Sakemi, K. Sekiguchi, Y. Shimizu, T. Sugimoto, A. Tamii and T. Wakasa

Few-Body Systems **44** (2008) 179-182.

Systematic measurement of D(p,pp)n cross section at KUTL K. Sagara, T. Sugimoto, S. Kuroita, Y. Maeda, T. Sueta and H. Shimoda Few-Body Systems **44** (2008) 203-206

Bomb Effect を利用した現代種子標本の AMS 年代測定:

島本昌樹、佐藤友哉、藤田一洋、皆本洋、福田毅、上地健一、池谷康佑、早ノ瀬亮、前田豊和、御手洗志郎、森川恒安、野呂哲夫、第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」報告集, JAEA-Conf 2008-012, p126-123, 2009 年 3 月.

九州大学 AMS システムの安定化:

福田毅、佐藤友哉、藤田一洋、皆本洋、島本昌樹、上地健一、池谷康佑、早ノ瀬亮、前田豊和、御手洗志郎、森川恒安、野呂哲夫

第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」報告集, JAEA-Conf 2008-012, p101-104, 2009 年 3 月.

GVM と DOWN CHARGE を用いた九大タンデム加速器安定化装置の開発:

前田豊和、二宮重史、島本昌樹、赤間修司、森川恒安、相良建至

第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」報告集, JAEA-Conf 2008-012, p105-108, 2009 年 3 月.

九州大学タンデム加速器の現状:

森川恒安、相良建至、野呂哲夫、若狭智嗣、寺西高、前田幸重、藤田訓裕、前田豊和、古賀義博

第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」報告集, JAEA-Conf 2008-012, p35-38, 2009 年 3 月.

《 その他の論文 》

## 講演

### 《 海外での講演 》

Study of  $^{12}\text{C}(\vec{p}, \vec{n})^{12}\text{N}(g.s., 1^+)$  at 296 MeV and Nuclear Correlation Effects:

M. Dozono

The 18th International Symposium on Spin Physics (SPIN2008), October 2008, Virginia, U.S.A.

Study of three nucleon force by  $pd$  breakup reactions:

S. Kuroita, K. Sagara, T. Sueta, H. Shimoda, Y. Eguchi, K. Yashima, Y. Maeda, Y. Yamada, T. Wakasa, T. Noro, Y. Tameshige, A. Tamii and K. Hatanaka

The 4th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, August 2008, Depok, Indonesia

Multiple Coulomb Excitation Experiment for Study of Nuclear Deformation and Collectivity at RIBF:

Tsuneyasu Morikawa, Joint ANL-EFES Workshop for a Compton-Suppressed Ge Clover Array for Stopped and Energy Degraded Exotic Beams at RIKEN, Argonne National Laboratory, USA, 2008年12月.

QFS studies at RCNP:

T. Noro

1st International Workshop on Quasi-free Scattering with Radioactive Ion Beams (QFS-RB08), 2008, Trento, Italy

Measurement and re-analysis of tensor analyzing powers of  $pd$  radiative capture at RCNP:

K. Sagara, Y. Tameshige, K. Hatanaka, K. Sagara, S. Kuroita, H. Matsubara, K. Fujita, Y. Shimizu, T. Kawabata, Y. Maeda, Y. Sakemi, H. Okamura, K. Sekiguchi, A. Tamii, and T. Wakasa

The 4th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, August 2008, Depok, Indonesia

Measurement of off-plane star anomaly in  $pd$  breakup at  $E_d = 26$  MeV

H. Shimoda, Y. Maeda, S. Kuroita, T. Sueta, Y. Eguchi, K. Yashima, and K. Sagara

The 4th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, August 2008, Depok, Indonesia

Measurement of off-plane star anomaly in  $pd$  breakup at  $E_p = 9.5$  MeV and  $E_p = 13$  MeV

T. Sueta, S. Kuroita, H. Shimoda, Y. Eguchi, K. Yashima, Y. Maeda, and K. Sagara  
The 4th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, August 2008, Depok, Indonesia

Nuclear Spin Physics via Polarization Measurements:

T. Wakasa

The 18th International Symposium on Spin Physics (SPIN2008), October 2008, Virginia, U.S.A.

《国内での講演》

Study of  $^{12}\text{C}(\bar{p}, \bar{n})^{12}\text{N}(g.s.; 1^+)$  at 296 MeV and Nuclear Correlation Effects:

M. Dozono

CNS Summer School, August 2008, Wako, Japan

Spectroscopy of  $A=30\sim 40$  Neutron-Rich Nuclei via Fusion-Evaporation Reactions at JAEA:

Tsuneyasu Morikawa, Eiji Ideguchi, Yosuke Toh, Mitsuo Koizumi, Masumi Oshima, Akihiko Osa, Atsushi Kimura, Yuuichi Hatsukawa, Hideshige Kusakari, Masahiko Sugawara, Shiro Mitarai, Masahiko Nakamura, Jun Goto, Liu Minliang, Zheng Yong, Kazuyoshi Furutaka,

CNS-RIKEN Joint International Symposium on Frontier of gamma-ray spectroscopy and Perspectives for Nuclear Structure Studies (gamma08), Wako, 2008年4月.

Isobaric analog states in unstable nuclei studied using  $(p, n)$  reactions and proton resonance scattering:

T. Teranishi

ICHOR-EFES International Symposium on New Facet of Spin-Isospin Responses (SIR2008), RIKEN Nishina Center, October 29–31, 2008

Alpha Inelastic Scattering on  $^{16}\text{O}$  and Alpha Cluster States:

T. Wakasa

Alpha and Di-neutron Correlation in Nuclear Many Body Systems, October 2008, Kyoto, Japan

Gamow-Teller and Spin-Dipole Transitions Studied by  $^{12}\text{C}(\vec{p}, \vec{n})^{12}\text{N}$  Polarization Measurements:

T. Wakasa

New Facet of Spin-Isospin Responses (SIR2008), November 2008, Wako, Japan

Bomb Effect を利用した現代種子標本の AMS 年代測定:

島本昌樹, 佐藤友哉, 藤田一洋, 皆本洋, 福田毅, 上地健一, 池谷康佑, 早ノ瀬亮, 前田豊和, 御手洗志郎, 森川恒安, 野呂哲夫

第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」, 日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所, 高崎, 2008 年 7 月

九州大学 AMS システムの安定化:

福田毅, 佐藤友哉, 藤田一洋, 皆本洋, 島本昌樹, 上地健一, 池谷康佑, 早ノ瀬亮, 前田豊和, 御手洗志郎, 森川恒安, 野呂哲夫

第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」, 日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所, 高崎, 2008 年 7 月

GVM と DOWN CHARGE を用いた九大タンデム加速器安定化装置の開発:

前田豊和, 二宮重史, 島本昌樹, 赤間修司, 森川恒安, 相良建至

第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」, 日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所, 高崎, 2008 年 7 月

九州大学タンデム加速器の現状:

森川恒安, 相良建至, 野呂哲夫, 若狭智嗣, 寺西高, 前田幸重, 藤田訓裕, 前田豊和, 古賀義博

第 21 回「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」, 日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所, 高崎, 2008 年 7 月

不安定核ビームの共鳴散乱を用いた不安定核・宇宙核物理の研究:

寺西高

RCNP 研究会「RCNP における不安定核の研究～RCNP ビームラインの可能性を探る～」、2008 年 8 月 8-9 日、大阪大学核物理研究センター

荷電交換反応と共鳴弾性散乱による不安定核の IAS 探索実験:

寺西高

日本物理学会 2008 年秋季大会 実験核・理論核・素粒子論合同シンポジウム「スピン・アイソスピン応答研究の新展開」、2008 年 9 月 22 日、山形大学

$E_d = 26$  MeV  $H(d, pp)n$  における off-plane star の断面積測定:

下田広己, 前田幸重, 黒板翔, 末田雄大, 江口祐一郎, 八嶋恵介, 畑中吉治, 岡村弘之, 須田健嗣, 為重雄司, 相良建至

日本物理学会 2008 年秋季大会 2008 年 9 月 22 日

$E_d = 140-200$  MeV の  $pd$  捕獲反応における  $A_{xx}$  anomaly の確定

相良建至, 為重雄司, 畑中吉次, 民井淳

日本物理学会 2008 年秋季大会 2008 年 9 月 22 日

中性子捕獲準位の K 量子数:

森川恒安

即発ガンマ線分光ワークショップ, 日本原子力研究開発機構原子力科学研究所, 東海, 2008 年 12 月

九大における天体ヘリウム-炭素反応速度測定の現状:

相良建至, 寺西高, 藤田訓裕, 谷口雅彦, 五百木崇博, 中野桂樹, 後藤昂, 岩淵利恵, 前田豊和, 二宮重史

日本物理学会九州支部例会 2008 年 12 月 6 日 福岡工業大学

天体核実験のための膜なし He 標的の最終型と性能:

岩淵利恵, 藤田訓裕, 相良建至, 五百木崇博, 後藤昂, 中野桂樹, 谷口雅彦, 寺西高

日本物理学会九州支部例会 2008 年 12 月 6 日 福岡工業大学

$pd$  分解反応における star anomaly の系統的測定:

八嶋恵介, 江口祐一郎, 下田広己, 末田雄大, 黒板翔, 前田幸重, 相良建至

日本物理学会九州支部例会 2008 年 12 月 6 日 福岡工業大学

$^2\text{H}(p, pp)$  反応における QFS 断面積の系統的測定:

江口祐一郎、八嶋恵介、下田広巳、末田雄大、黒板翔、相良建至  
日本物理学会九州支部例会 2008年12月6日 福岡工業大学

加速器質量分析の手法と開発:

上地健一

日本物理学会九州支部例会, 福岡工業大学, 2008年12月

RCNP 大口径磁気分析器の高分解能輸送行列の構築:

松田祥英、野呂哲夫、田邊英規、若狭智嗣、山田由希子、堂園昌伯、竹田英光、井原  
エマ、今村拓己、畑中吉治、岡村弘之、民井淳、清水陽平、藤田訓裕、為重雄司、松  
原孔明、石川大貴、吉田英智

日本物理学会九州支部例会, 福岡工業大学, 2008年12月

$^{12}\text{C}(\bar{p}, n)$  反応による  $^{12}\text{N}$  スピン双極子遷移の研究:

堂園昌伯、若狭智嗣、野呂哲夫、相良建至、山田由希子、黒板翔、今村拓己、下田広  
己、末田雄大、松田祥英、江口祐一郎、八嶋恵介、畑中吉治、岡村弘之、民井淳、松  
原孔明、石川大貴、酒見泰寛、長野哲也、高橋利弥

日本物理学会九州支部例会, 福岡工業大学, 2008年12月

250MeV における  $^2\text{H}(p, pp)n$  実験計画 (E321):

黒板 翔:

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会 2008年12月24日 大阪大学

pd 捕獲反応のテンソル偏極量の異常:

相良建至:

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会 2008年12月24日 大阪大学

10MeV 近傍の  $^2\text{H}(p, pp)n$  反応における QFS 断面積異常探索:

江口 祐一郎

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会 2008年12月24日 大阪大学

10MeV 近傍の  $^2\text{H}(p, pp)n$  における Star 断面積異常探索:

八嶋 恵介

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会 2008年12月24日 大阪大学

荷電交換反応によるスピン物理:

若狭智嗣

広い意味での核反応研究のこれから、2009年2月、宮崎

低エネルギー RI ビームによる不安定核共鳴状態の研究:

寺西高

分野融合型研究会「天体観測、隕石分析、天体核物理学による同位体・組成と元素の起源の研究」、2009年2月23-25日、国立天文台（三鷹市）

10MeV 近傍での  ${}^2\text{H}(p, pp)n$  反応での Star および QFS 断面積異常探索

江口祐一郎, 黒板翔, 八嶋恵介, 下田広己, 末田雄大, 宍戸拓郎, 矢部達也, 前田幸重, 石川壮一, 相良建至

日本物理学会 2009 年年会 2009 年 3 月 28 日

${}^{40}\text{Ar}$  の高スピン状態の研究:

井手口栄治, 大田晋輔, 森川恒安, 静間俊行, 大島真澄, 小泉光生, 藤暢輔, 初川雄一, 木村敦, 古高和禎, 中村詔司, 北谷文人, 原田秀郎, 菅原昌彦, 渡辺裕, 平山賀一, 宮武宇也  
日本物理学会, 立教大学, 池袋, 2009 年 3 月

クーロン励起による  ${}^{102}\text{Ru}$  低励起状態の研究:

藤暢輔, 大島真澄, 木村敦, 初川雄一, 原田秀郎, 北谷文人, 中村詔司, 古高和禎, 菅原昌彦, 森川恒安

日本物理学会, 立教大学, 池袋, 2009 年 3 月

Studies of IAS and GT states of  ${}^{11}\text{Li}$ :

寺西高

理研仁科センターミニワークショップ「中性子過剰核のガモフテラー遷移強度測定にむけて」、2009年3月18-19日、理研仁科センター

GT and SDR Studies for Stable Nuclei and Perspective for Unstable Nuclei:

若狭智嗣

中性子過剰核のガモフ・テラー遷移強度測定にむけて、2009年3月、和光

## 外部資金

### 《 文部省科学研究費補助金 》

基盤研究 (B) 天体における炭素-ヘリウム核融合反応断面積の直接測定研究代表者  
相良建至 H20-H22 (H20 年度 5,400 千円)

### 《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》

高エネルギー加速器研究機構大学等連携支援事業

九大タンDEM加速器における高強度パルスビームシステム開発 H20 年度 事業責任者  
相良建至 3,500 千円

日本学術振興会特別研究員等及び共同研究の採択 (学外からの受け入れを含む)

日本原子力研究開発機構に於ける共同研究: 森川

「質量数 40 領域核の巨大変形状態と高スピン殻構造の研究」原研, 東京大, 九州大, 理研

## 他大学での研究と教育

東大原子核科学研究センターとの共同研究「低エネルギー 2 次ビームを使った不安定核構造と天体核反応の研究」(寺西高)

## 学部 4 年生卒業研究

- (1) 池谷康佑：(指導教員、森川恒安、野呂哲夫)  
放射性炭素年代測定の原理・測定技術の理解と演習
- (2) 市川裕大：(指導教員、相良建至)：  
ビームを利用した膜なし He 標的厚さ実測
- (3) 大場希美：(指導教員、相良建至)  
天体  ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O}) \gamma$  反応測定のための He 標的開発
- (4) 穴戸拓郎：(指導教員、相良建至)  
 $p + d \rightarrow p + p + n$  分解反応断面積の測定：データ収集
- (5) 成末啓典：(指導教員、若狭智嗣)  
ポジトロニウムの 2 光子崩壊測定による量子力学の非局所性の検証
- (6) 松本雄一：(指導教員、相良建至)  
天体  ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O}) \gamma$  反応測定におけるバックグラウンド対策
- (7) 矢部達也：(指導教員、相良建至)  
 $p + d \rightarrow p + p + n$  分解反応断面積の測定：装置製作とデータ解析

(8) 山本潤輝：(指導教員、若狭智嗣)

2光子の偏光相関測定のためのコンプトン偏光度計の製作

#### 修士論文

(1) 五百木崇博：(指導教員、相良建至)：

${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O}) \gamma$  天体核反応測定のための膜なし標的高圧化とバックグラウンド低減

(2) 今村拓己：(指導教員、野呂哲夫)：

${}^6\text{Li}(p, 2p), (p, pn)$  反応の測定と核内相関

(3) 島本昌樹：(指導教員、森川恒安、野呂哲夫)：

高速逐次入射による AMS 測定の安定化

(4) 下田広己：(指導教員、相良建至)：

$E_d = 26 \text{ MeV}$  における  $\text{H}(d, pp)n$  反応 off-plane star 断面積測定

(5) 末田雄大：(指導教員、相良建至)：

$E_p = 9.5 \text{ MeV}$  および  $13 \text{ MeV}$  における  $\text{D}(p, pp)n$  反応 Star Anomaly の検証

(6) 福田毅：(指導教員、森川恒安、野呂哲夫)：

九大 AMS システム ビーム輸送パラメータの最適化と現代植物標本の年代測定

#### 学外での学会活動

野呂哲夫：核物理委員会委員、大阪大学核物理研究センター運営委員会委員

日本原子力研究開発機構協賛協議会専門委員

東大 CNS-理研 核物理研究計画助言委員会 (NP-PAC) 委員

東京大学-理化学研究所 EFES プログラム運営委員会外部委員

相良建至：日本物理学会九州支部委員長 (2008 年 9 月～)

若狭智嗣：大阪大学核物理研究センター研究計画検討委員会委員

大阪大学核物理研究センター実験課題助言委員会 (B-PAC) 委員

寺西高：日本物理学会九州支部委員 (2008 年 8 月)

#### その他の活動と成果

体験入学・実験「物質を透過する粒子線」2009 年 3 月 25-26 日 (寺西高)

体験入学・実験「身の回りの放射能体験」2009 年 3 月 25-26 日 (森川恒安)