

---

## 会場 B

# 素粒子実験, 実験核物理領域

---

### B-1 COMET 実験の円筒型検出器系におけるトリガー検出器の開発

九大理<sup>A</sup>, 九大 RCAPP<sup>B</sup> 中居勇樹<sup>A</sup>, 大石航<sup>A</sup>, 川越清以<sup>A,B</sup>, 東城順治<sup>A</sup>, 山口博史<sup>A</sup>, 吉岡瑞樹<sup>A,B</sup>

ミューオン-電子 ( $\mu - e$ ) 転換過程は荷電レプトンフレーバー非保存過程であり、この過程を発見すれば標準理論を超えた新しい物理の存在を意味する。J-PARC ハドロン実験施設で行う COMET 実験の第 1 段階では、 $10^{-15}$  の感度で  $\mu - e$  転換過程の探索を目指す。

トリガー検出器は生成される信号電子の粒子識別と事象時間の測定、トリガーの生成を行う。検出器はシンチレータとチェレンコフ輻射体、ファインメッシュ型光電子増倍管で構成する。本講演ではトリガー検出器の開発状況として、ビーム照射試験とシミュレーションの結果を報告する。

## B-2 COMET 実験に用いる電磁カロリメータの開発

九大理<sup>A</sup>, 九大 RCAPP<sup>B</sup> 山口博史<sup>A</sup>, 大石航<sup>A</sup>, 川越清以<sup>A</sup>, 東城順治<sup>A</sup>, 長島寛征<sup>A</sup>, 吉岡瑞樹<sup>B</sup>

2012年のヒッグス粒子発見によって、現代物理学が作り上げてきた標準模型を構成する素粒子は全て発見された。しかし、暗黒物質やニュートリノ振動など、この標準模型では説明できない物理現象も発見されており、新しい物理模型が TeV 領域に存在すると期待されている。現在提唱されている新物理模型の多くで、ミューオンがそのまま電子に転換する”ミューオン-電子転換事象”が起こると予言しており、COMET 実験では J-PARC(茨城県東海村)の大強度陽子ビームを用いて、このミューオン電子転換事象を探索する。COMET 実験では Phase-I, Phase-II の2段階を踏んで、実験感度  $10^{-17}$  を達成する予定である。この感度を達成するためには運動量・エネルギー分解能が良い検出器を開発する必要がある。本実験は Phase-II に比較的原子数が大きく発光量も大きい LYSO 結晶を用いてカロリメータを製作し信号である電子のエネルギーを測定する。また大気による電子の散乱を抑えるために、カロリメータを真空中で稼働する。現在これまでに東北大電子光学研究センターで行ったビームテストの結果をもとにデザインの作成を進めている。また光検出器から出力された信号は COMET 実験独自に開発した ROESTI と呼ばれる回路で読出す。本講演は現在のカロリメータのデザインや信号の読み出し方法等の開発状況について解説する。

## B-3 COMET 実験用電磁カロリメータの放射線耐性の研究

九大理<sup>A</sup>, 九大 RCAPP<sup>B</sup> 長島寛征<sup>A</sup>, 大石航<sup>A</sup>, 川越清以<sup>A</sup>, 東城順治<sup>A</sup>, 山口博史<sup>A</sup>, 吉岡瑞樹<sup>B</sup>

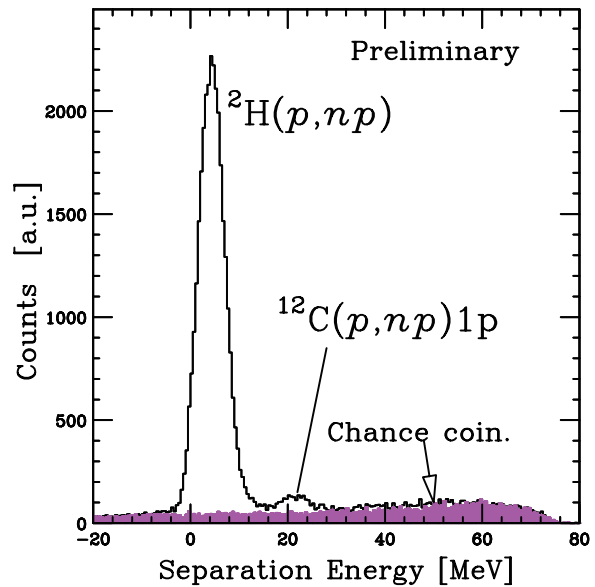
ミューオン-電子転換過程は荷電レプトンフレーバー保存を破るため標準理論によって強く制限される。COMET 実験はミューオン-電子転換過程を  $10^{-17}$  の感度で探索することで標準理論を超える物理の発見を目指す。COMET 実験ではストローチューブ飛跡検出器と電磁カロリメータ (ECAL) を用いて粒子識別及び、エネルギー・運動量測定を行う。実験中、ECAL は多量の放射線に曝される。そのため光検出器として使用するアバランシェフォトダイオード (APD) や、APD の校正用 LED などの性能の劣化が懸念される。

本講演では、神戸大学タンDEM静電加速器を用いて行った APD・LED の中性子耐性試験と九州大学加速器・ビーム応用科学センターで行った LED のガンマ線耐性試験の結果を中心に ECAL の研究開発状況について報告する。

## B-4 (p,np) 反応測定による原子核多体効果の研究

九州大学<sup>A</sup>, 宮崎大学<sup>B</sup> 大倉綾華<sup>A</sup>, 若狭智嗣<sup>A</sup>, 安田淳平<sup>A</sup>, 坂口聡志<sup>A</sup>, 進藤佑輔<sup>A</sup>, 田端心海<sup>A</sup>, 中島峻<sup>A</sup>, 野呂哲夫<sup>A</sup>, 前田幸重<sup>B</sup>, 山本達也<sup>B</sup>

核子間にはたらく核力が原子核中で真空中に比べ変化する「核媒質効果」は、原子核中での偏極分解能の変化等で観測されている。近年、原子核中では多体効果として3核子間力も寄与する為、その影響が核力の変化として表われている可能性が指摘されている。今回、カイラル有効理論に基づいた理論計算が可能な200 MeVにおいて、実験データの無い原子核中での陽子・中性子散乱のデータ取得を(p,np)反応測定により行った。CD2を標的とした時の分離エネルギースペクトルは図の通りで、中性子標的に相当するDの1s軌道と、原子核標的であるCの1p軌道が綺麗に分離されている。講演では実験手法について説明し、 $^{12}\text{C}(p,np)$ 反応の断面積の反跳運動量依存性について紹介する。

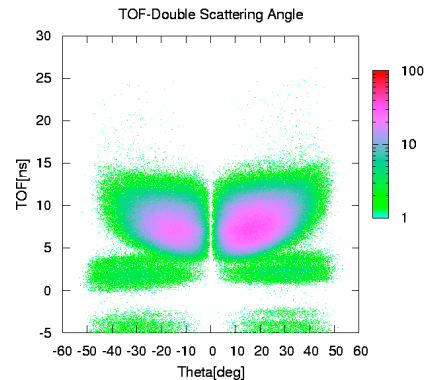


## B-5 スピン依存力の核内媒質効果研究のための中性子偏極度計の較正

九州大学<sup>A</sup>, 宮崎大学<sup>B</sup> 中島峻<sup>A</sup>, 若狭智嗣<sup>A</sup>, 大倉綾華<sup>A</sup>, 野呂哲夫<sup>A</sup>, 坂口聡志<sup>A</sup>, 前田幸重<sup>B</sup>, 安田淳平<sup>A</sup>, 進藤佑輔<sup>A</sup>, 田端心海<sup>A</sup>, 山本達也<sup>B</sup>

我々は核子の性質が原子核媒質内でどのように変化するのかに興味を持ち研究を進めている。手段としては、原子核内における核子・核子散乱を自由空間のものと比較することにより、核力に対する媒質効果を探っている。陽子・陽子散乱の研究は進んでいるが、陽子・中性子散乱の偏極移行の測定は手付かずの状態である。そこで今回、中性子のスピンを測る中性子偏極度NPOL3の開発・較正を行った。実験は大阪大学RCNPの西実験室で行った。NPOL3では、シンチレータ内の水素と入射中性子とのn+p散乱の非対称度から中性子偏極度を求める。その為には、シンチレータ内の炭素との散乱や、ガンマ線等のバックグラウンドとなるイベントを除去する必要がある。今回

散乱粒子の散乱角度と飛行時間(TOF)に着目し、運動学的にn+p散乱を選択することに成功した。講演では、解析の詳細や中性子偏極度計の性能の指標となる値について報告する。



## B-6 陽子共鳴散乱実験のための低エネルギー $^9\text{C}$ ビームの開発

九大理<sup>A</sup>, Kyungpook National Univ<sup>B</sup>, 理研仁科センター<sup>C</sup>, 東大 CNS<sup>D</sup>, 東邦大<sup>E</sup>, JAEA<sup>F</sup>, Ewha Womens University<sup>G</sup>, Oak Ridge National Laboratory<sup>H</sup>, IPN Orsay<sup>I</sup> 栄大輔<sup>A</sup>, Evenly V Milman<sup>B,C</sup>, 寺西高<sup>A</sup>, 坂口聡志<sup>A</sup>, 郭儷怡<sup>A</sup>, 則松恭彰<sup>A</sup>, 秋山陽平<sup>A</sup>, 福多貴大<sup>A</sup>, Sergey Chebotaryov<sup>B,C</sup>, Wooyoung Kim<sup>B</sup>, 上坂友洋<sup>C</sup>, 市川雄一<sup>C</sup>, 笹野匡紀<sup>C</sup>, 立石健一郎<sup>C</sup>, 今井伸明<sup>D</sup>, 山口英斉<sup>D</sup>, 早川勢也<sup>D</sup>, Daid Miles Kahl<sup>D</sup>, 坂口裕司<sup>D</sup>, 安部敬治郎<sup>D</sup>, 北村徳隆<sup>D</sup>, 金子智昭<sup>E</sup>, 山田紘太郎<sup>E</sup>, Sanghoon Hwang<sup>F</sup>, Dahee Kim<sup>G,C</sup>, Alfredo Galindo-Uribarri<sup>H</sup>, Elisa Romero-Romero<sup>H</sup>, Didier Beaumel<sup>I</sup>

代表的な二中性子ハロー核  $^{11}\text{Li}$  ( $^9\text{Li}+n+n$  束縛系) のハロー構造を理解するためには、その二体部分系である非束縛核  $^{10}\text{Li}$  ( $^9\text{Li}+n$ ) の情報が有用であるが、長年の実験にもかかわらず  $^{10}\text{Li}$  準位の情報は明確には得られていない。そこで、異なるアプローチとして  $^{10}\text{Li}$  のミラー核である非束縛核  $^{10}\text{N}$  ( $9\text{C}+p$  共鳴状態) の準位を、 $^9\text{C}+p$  共鳴散乱により探索することを計画している。この  $^{10}\text{N}$  自体も実験的には未知の核である。

本研究では共鳴散乱実験に必要な、核子あたり約 5 MeV の低エネルギー  $^9\text{C}$  ビームの開発を行った。実験は理化学研究所の RIPS ビームラインにおいて行い、一次ビームとして 70 MeV/u の  $^{12}\text{C}$  を厚さ 4.0 mm の  $^9\text{Be}$  標的に照射した。入射核破碎反応により生成され標的から放出された  $^9\text{C}$  は RIPS により二次ビームとして分離された。第 1 および第 2 焦点面に設置したエネルギー減衰板によりエネルギーを落とした後、最終焦点面において、目標とする核子あたり約 5 MeV の二次ビームを得ることができた。本発表では、生成条件と生成されたビームの結果について報告する。将来この  $^9\text{C}$  ビームを使い  $^9\text{C}+p$  共鳴散乱の本実験を行うことが期待される。

## B-7 九大タンデム加速器における新 AMS ビームラインの開発

九大理<sup>A</sup> 河野晟之<sup>A</sup>, 野呂哲夫<sup>A</sup>, 寺西高<sup>A</sup>, 坂口聡志<sup>A</sup>, 小島拓郎<sup>A</sup>, 新名孝斎<sup>A</sup>, 郭儷怡<sup>A</sup>, 則松恭彰<sup>A</sup>, 畑口俊也<sup>A</sup>, 栄大輔<sup>A</sup>, 福多貴大<sup>A</sup>, 秋山陽平<sup>A</sup>, 西田峻<sup>A</sup>, 上ノ町水紀<sup>A</sup>

九州大学では伊都キャンパスへの移転に伴い、新たな加速器を用いた施設の建設整備が行われた。我々のグループは九大タンデム加速器を用いた AMS システムを開発している。当面は放射性炭素年代測定の実用化を目指しているが、将来にはヨウ素等の重い元素での AMS を行いたいと考えている。九大タンデムにおける新 AMS ビームラインを下図に示す。イオン源には 40 個の試料を装填可能な MC-SNICS を使用し、45 度分析電磁石 (M45) を通り九大タンデム加速器へ入射する。タンデム通過後、2 つの分析電磁石 (M90, M30) や静電ディフレクター

(ED7.5) で目的粒子を識別して最終焦点へ到達させる。現在は上流から順に透過効率の確認を行いパラメーターの最適化をしている段階である。講演では全系を紹介したのち、最近行ったガスstripperのテスト結果について報告する。



## B-8 J-PARC/BL05 における中性子寿命測定実験:新検出器開発

九大理<sup>A</sup>, 九大 RCAPP<sup>B</sup>, 京大理<sup>C</sup>, 京大化研<sup>D</sup>, 東大理<sup>E</sup>, 東大素セ<sup>F</sup>, 名大理<sup>G</sup>, 名大 KMI<sup>H</sup>, CERN<sup>I</sup>, 阪大 RCNP<sup>J</sup>, 高工研<sup>K</sup>, 東大原子力<sup>L</sup> 森下彩<sup>A</sup>, 角直幸<sup>A</sup>, 富田龍彦<sup>A</sup>, 音野瑛俊<sup>B</sup>, 吉岡瑞樹<sup>B</sup>, 北原龍之介<sup>C</sup>, 岩下芳久<sup>D</sup>, 山田崇人<sup>E</sup>, 家城斉<sup>E</sup>, 長倉直樹<sup>E</sup>, 山下了<sup>F</sup>, 広田克也<sup>G</sup>, 清水裕彦<sup>G</sup>, 横橋麻美<sup>G</sup>, 北口雅暁<sup>H</sup>, 生出秀行<sup>I</sup>, 嶋達志<sup>J</sup>, 三島賢二<sup>K</sup>, 竹谷薫<sup>K</sup>, 猪野隆<sup>K</sup>, 關義親<sup>L</sup>

中性子寿命は宇宙初期の軽元素合成比やクォークのミキシングを表す CKM 行列の行列要素  $V_{ud}$  に影響するパラメータである。現在、中性子寿命 ( $\sim 880\text{sec}$ ) は 2 種類の先行実験においてそれぞれ値が求められているが、これらの間には  $3.8\sigma$  のずれが存在している。この差を説明するため、これらの実験とは独立な手法を用いた 1% よりも十分良い精度での測定が必要とされている。そこで我々は J-PARC で冷中性子を用いた中性子寿命の測定を行っている。中性子ビームは磁気スーパーミラーで偏極させた後、スピンプリップチョッパーでバンチ化しガス検出器である TPC (Time Projection Chamber) へと入射させる。本実験は TPC 内部に封入した微量の  $^3\text{He}$  の中性子吸収反応により中性子のフラックスを測定し、中性子の  $\beta$  崩壊により生じた電子とフラックスの比から中性子寿命を求める。この手法では TPC 内部でフラックスと崩壊電子の両方を同時に測定することが可能なため、既存の 2 手法で問題となっていた検出器毎の系統誤差や検出効率による不定性を抑えることができる。最初の物理実験は 2014 年に開始され、現在  $O(1\%)$  の精度を目標とした解析を進めている。また、より高精度での測定を目指し J-PARC のビーム強度の増加と中性子ビーム径の増加に伴う検出器のアップグレードが計画されており、TPC については大口径化、低ガス圧化、有感壁面化の 3 つを軸としたアップグレードを検討している。大口径化ではビーム径の増加に対するシグナル事象の切り分け、低ガス圧化では主なバックグラウンドであるガス散乱起因バツ

## B-9 J-PARC/MLF/BL04 クラスタ型 Ge 検出器での $(n, \gamma)$ 測定のための Geant4 によるシミュレーション

九大理<sup>A</sup>, 九大 RCAPP<sup>B</sup>, 名大理<sup>C</sup>, 名大 KMI<sup>D</sup>, 原研<sup>E</sup> 高田秀佐<sup>A</sup>, 吉岡瑞樹<sup>B</sup>, 岡田晏珠<sup>C</sup>, 奥平琢也<sup>C</sup>, 後藤文也<sup>C</sup>, 清水裕彦<sup>C</sup>, 長本孝介<sup>C</sup>, 広田克也<sup>C</sup>, 北口雅暁<sup>D</sup>, 木村敦<sup>E</sup>

J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) において、世界最高強度の中性子ビームを利用した原子核での CP 対称性の破れを測定する計画が進行中である。この測定のためには、 $(n, \gamma)$  反応により放出される  $\gamma$  線の角度分布を J-PARC/MLF/BL04 において事前に測定する必要がある。BL04 は中性子と標的原子との反応を中性子エネルギー毎に高精度に測定するビームラインであり、0.1 - 1% 程度のエネルギー分解能を有する Ge 検出器を用いて、 $(n, \gamma)$  反応によって発生する多数の準位の  $\gamma$  線を分離して検出することが可能である。BL04 の Ge 検出器は 14 個の Ge から成るクラスタ型検出器であり、どの検出器に  $\gamma$  線が入射したかによって、放出された  $\gamma$  線の角度分布が測定出来る。しかし、検出器構造物質によって  $\gamma$  線が散乱され、検出器角度を誤認識して測定してしまうことが考えられる。BL04 クラスタ型 Ge 検出器を構造する物質の 1 つであるアルミニウムのみを考慮した場合でも、入射  $\gamma$  線の約 6% は目的の角度に位置する Ge 検出器には入射せずに散乱され、別の角度に位置する Ge 検出器へ入射し得る。本研究は、Geant4 を用いて実際の BL04 クラスタ型 Ge 検出器を再現して、Ge 検出器の測定角度誤認識率のシミュレーションによる評価を目的としている。

## B-10 J-PARC muon g-2/EDM 実験:シリコンストリップ検出器用読み出し ASIC の TEG 性能評価

九大理<sup>A</sup>, Open-It<sup>B</sup>, JAXA<sup>C</sup>, KEK 素核研<sup>D</sup>, 東大理<sup>E</sup>, 九大 RCAPP<sup>F</sup> 長澤翼<sup>A,B</sup>, 池田博一<sup>B,C</sup>, 池野正弘<sup>B,D</sup>, 上野一樹<sup>B,D</sup>, 内田智久<sup>B,D</sup>, 川越清以<sup>A,B</sup>, 高力孝<sup>B,D</sup>, 齊藤直人<sup>D</sup>, 佐々木修<sup>B,D</sup>, 庄子正剛<sup>B,D</sup>, 調翔平<sup>A,B</sup>, 末原大幹<sup>A,B</sup>, 田中真伸<sup>B,D</sup>, 東城順治<sup>A,B</sup>, 西村昇一郎<sup>B,E</sup>, 真玉将豊<sup>A,B</sup>, 三部勉<sup>B,D</sup>, 村上武<sup>B,D</sup>, 吉岡瑞樹<sup>B,F</sup>

ミュオンの異常磁気能率 ( $g-2$ ) は、2006 年にブルックヘブン国立研究所 (BNL) の E821 実験によって 0.54 ppm の高い精度で測定されており、標準理論から予測される理論値と約 3.3  $\sigma$  のズレがあることが分かっている。この理論値とのズレは標準理論を超える新しい物理を示唆している。また、未発見の電気双極子モーメント (EDM) を発見することができれば、レプトンにおいても CP 対称性の破れが存在することを意味する。J-PARC muon g-2/EDM 実験は極冷ミュオンビームによる全く異なった手法を取り、 $g-2$  を 0.1 ppm、EDM を  $10^{-21}$  e $\cdot$ cm の高い精度で測定することを目指す。

本実験では、シリコンストリップ検出器を用いて磁場中を周回運動するミュオンからの崩壊陽電子の飛跡と時間を測定する。シリコンストリップ検出器用読み出し ASIC の 3 番目の試作機として SiT128A が開発された。SiT128A は Silterra CMOS 0.18  $\mu$ m プロセスで製造されたアナログ・デジタル混載回路である。前試作機からチャンネル数の増加とタイムウォークの改善を目的に開発された。また、SiT128A のアナログ部の評価のために TEG (Test Element Group) チップも同時に製作された。本講演では、SiT128A の TEG チップの評価基板への実装と性能評価について報告する。

## B-11 STRIPIX チップを用いた 3 次元ガス検出器の読み出し回路開発

佐賀大理工<sup>A</sup> 中北慎太郎<sup>A</sup>, 山本拓摩<sup>A</sup>, 房安貴弘<sup>A</sup>, 杉山晃<sup>A</sup>

STRIPIX チップを用いた 3 次元ガス検出器の読み出し回路開発を行った。ガス検出器とはガス中を荷電粒子が通過した際に、ガス分子との電磁相互作用によって出来る電離電子を検出器内に印可した電場によって読み出し用電極まで運び、電気信号として読み出す検出装置である。読み出し用電極に STRIPIX チップを用いることで 3 次元での飛跡検出をおこなうことができる。今回はその読み出した電気信号の ADC の処理・制御を行う回路の開発を行った。発表内容としては

1. ILC における飛跡検出 (TPC) ガス検出器での飛跡検出の原理
2. STRIPIX ピクセル測定とストリップ読み出しの利点を合わせた、STRIPIX チップの構造について
3. MATLAB/Simulink を用いた読み出し回路開発読み出し回路開発フローにおいてとても重要な役割を担うのが FPGA と SiTCP である、MATLAB/Simulink を使用しての FPGA の開発について FPGA とは SiTCP とは MATLAB/Simulink とは HDL Coder とは
5. 読み出し試験読み出し回路を完成させることで実際の読み出しが可能、読み出し試験の結果・解析
6. まとめ読み出し回路開発から実際の読み出しまでのまとめ課題点

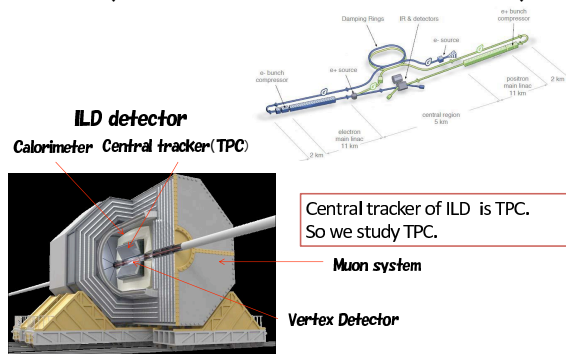
## B-12 透過率の高い GEMgate の磁場中でのふるまい

佐賀大理工<sup>A</sup> 眞喜志康晃<sup>A</sup>, 杉山晃<sup>A</sup>, 池松克昌<sup>A</sup>

ILC の検出器である TPC における、ゲート装置の開発。TPC 内で放射線とガスがぶつかった際に電子とイオンが生成される。放射線の飛跡を得るために電子を読み取るのだが、そこで生成されたイオンが電場に影響し放射線の飛跡の位置分解能に影響する。これを防ぐために電子透過率の高いゲート装置を用いてイオンのみをブロックする。ゲート装置の構造としては、微細な多くの孔が空いたフィルムで、フィルムの上に電位差をつけることでイオンをシャットアウトすることができる。大前提として電子の飛跡の位置分解能を求めているので、電子の透過率が高くないといけない。そこで、電子透過率の高いゲート装置の開発が課題となっている。また、TPC においては磁

場中での使用を想定しているので、実験室内での高磁場の際に電子透過率、ゲートが実際にどのようにふるまうのか測定する必要がある。

### ILC (International Linear Collider)



## B-13 陽イオンゲート装置のシミュレーション

佐賀大理工<sup>A</sup> 杉山晃<sup>A</sup>, 長崎祥之<sup>A</sup>

ILC の測定器として、ILD (International Large Detector) が計画されている。中央飛跡検出器としては MPGD (Micro Pattern Gas Detector) を使用した TPC (Time Projection Chamber) を選択している。電子をガス増幅する際、陽イオンが生成される。電子のドリフト速度に比べ、陽イオンのドリフト速度は非常に小さいので、陽イオンによって、一様電場が歪められてしまう。そのため、電子の位置情報の読み出しが正しくできなくなってしまう。そのために現在、この影響を抑えるためのゲート装置を開発している。ゲート装置は高い電子透過率を持つ必要があり、高磁場をかける際に光学的開口率が高くなければならない。そこで大開口率のゲート装置による、磁場中での電子透過率をシミュレーションにより検証し、理解を進めている。また、さらなる詳細な検証のため、より現物に近いモデルでのシミュレーションをしようとしている。

## B-14 ILD - TPC における読み出しエレクトロニクスのための冷却システムの研究

佐賀大学理工<sup>A</sup> 戸田大輔<sup>A</sup>, 房安貴弘<sup>A</sup>

ILD-TPC における読み出し電子回路のための冷却システムの研究 TPC の軽量化における読み出し回路のコンパクト化と温度制御について研究を行っている。ILD における飛跡検出器は TPC (Time Project Chamber) を採用している。ILD-TPC では、複雑な事象を含むジェットエネルギーを精度よく測定するために PFA (Particle Flow Algorithm) が採用されているため、TPC 周辺 (カロリメータ・バーテックス検出器) との外挿が非常に重要となり、TPC の軽量化・コンパクト化が要求される。そこで、TPC エンドプレート領域での物質量を 25 % X 0 以下とし、さらに読み出しエレクトロニクスの物理的な占有スペースを最小限に抑える必要がある。

上記の要求から読み出しエレクトロニクスの搭載方法として、現在のパッケージされたチップを PC 基板上に置きエンドプレート後方に配置している古典的な方法から、ベアチップを MCM 基板に置きこれをモジュール背面に搭載し占有スペースを抑える方法をとる構想がある。しかしこの搭載方法では、読み出しエレクトロニクスから検出層への熱流入を抑える必要がありパッド基板の温度制御が非常に重要な課題となる。そこで今回、読み出しエレクトロニクスのモックアップ基板を作り、水冷にて冷却試験を行った。

## B-16 ILC における ILD ECAL のためのシリコン半導体検出器の特性研究

九州大学<sup>A</sup>, 九州大学 RCAPP<sup>B</sup>, CALICE-Asia group<sup>C</sup>, ILD ECAL group<sup>D</sup>  
住田寛樹<sup>A</sup>, Darnajou Mathieu<sup>A</sup>, 須藤裕司<sup>A</sup>, 末原大幹<sup>A</sup>, 吉岡瑞樹<sup>B</sup>, 川越清以<sup>A</sup>, CALICE Asia group<sup>C</sup>, ILD ECAL group<sup>D</sup>

国際リニアコライダー (ILC) 計画は電子陽電子衝突型線形加速器実験であり、ヒッグス粒子の精密測定や新物理の探索などに大きな期待が寄せられている。このような興味のあるプロセスの終状態にはハドロンジェットを含むものが多く、測定器にはこれらのジェットの識別の為に高いエネルギー分解能が求められる。これを実現するために ILC では Particle Flow Algorithm (PFA) と呼ばれる解析手法の導入と、この手法に対応する高精細なカロリメータが必要とされる。ILC の測定器の 1 つである ILD 測定器では、電磁カロリメータの候補の 1 つとしてピクセル型シリコン半導体検出器が挙げられている。この検出器は、ピクセル状に細分割することで前述の高精細を実現している。本講演では、この検出器の特性研究とガンマ線照射試験を行った結果について報告する。



## B-17 ILC 電磁カロリメータのための読み出しシステムの開発

九大理<sup>A</sup>, 九大 RCAPP<sup>B</sup>, ILD ECAL group<sup>C</sup> 平井寛人<sup>A</sup>, 川越清以<sup>A</sup>, 吉岡瑞樹<sup>B</sup>, 末原大幹<sup>A</sup>, 須藤裕司<sup>A</sup>, 住田寛樹<sup>A</sup>, 野口恭平<sup>A</sup>, ILD ECAL group<sup>C</sup>

電子陽電子衝突型線形加速器、ILC では、目標とする物理現象の終状態に多くのジェットを含むことが予想されている。そのため、個々の粒子を識別するため高精度のジェットエネルギー分解能が求められている。ILC の検出器の一つである ILD の電磁カロリメータでは、その要求を満たすために高い位置分解能が要求されており、現在候補の一つとしてピクセル型シリコン半導体 (Si) を用いた検出器が挙げられている。本講演では、11 月に CERN の SPS にて行われた Si ECAL のテストビームの結果を報告する。

## B-18 <sup>90</sup>Sr 近傍の核分裂生成核種ビームによる荷電交換反応測定

宮崎大学<sup>A</sup>, RNC<sup>B</sup>, 東京大学<sup>C</sup>, 北海道大学<sup>D</sup>, 九州大学<sup>E</sup> 川上駿介<sup>A</sup>, 前田幸重<sup>A</sup>, 王赫<sup>B</sup>, 大津秀暁<sup>B</sup>, 櫻井博義<sup>B</sup>, 磯部忠明<sup>B</sup>, 久保敏幸<sup>B</sup>, 久保野茂<sup>B</sup>, 志賀慶明<sup>B</sup>, 武内聡<sup>B</sup>, 福田直樹<sup>B</sup>, 吉田光一<sup>B</sup>, 渡邊康<sup>B</sup>, GiuseppeLorusso<sup>B</sup>, Par-AndersSoderstrom<sup>B</sup>, PieterDoornenbal<sup>B</sup>, 安藤孝志<sup>C</sup>, 小林信之<sup>C</sup>, 小山俊平<sup>C</sup>, 谷内稜<sup>C</sup>, 新倉潤<sup>C</sup>, 松井圭司<sup>C</sup>, 宮崎卓也<sup>C</sup>, 靱山悟至<sup>C</sup>, 合川正幸<sup>D</sup>, 牧永綾乃<sup>D</sup>, 渡辺幸信<sup>E</sup>

原子炉の使用済み核燃料として生じる高レベル放射性廃棄物の処理方法として、今後の発展が期待される技術の一つに、核変換技術がある。核変換技術は、放射性核種に対して直接中性子や陽子を照射し、人為的に核種を安定化・短寿命化させるものである。この核変換技術の確立のための基礎データ取得を目的として、理化学研究所 RIBF にて逆運動学を利用し、<sup>90</sup>Sr 近傍の不安定核種と水素及び重水素標的との反応断面積測定実験が行われた。実験では 345MeV/u の <sup>238</sup>U ビームを Be 標的に照射し、その分裂片から超伝導 RI ビーム生成分離装置 (BigRIPS) を用いて 190MeV/u の <sup>90</sup>Sr 及びその近傍核種のカクテルビームを分離、生成した。この 2 次ビームを CH<sub>2</sub>、CD<sub>2</sub>、C の 3 種類の標的へ照射し、各標的における生成核種を零度スペクトロメータ (ZDS) で分析、測定した。本研究では実験で得られた様々な反応チャンネルの内、荷電交換反応断面積の導出を行った。BigRIPS、ZDS それぞれに設置されたプラスチックシンチレーター、PPAC、イオンチャンバーの情報から Z 及び A/Q を導出し、粒子識別を行った。その結果から、H 及び D 標的との (n,p) 型及び (p,n) 型の荷電交換反応断面積を導出し、PHITS との比較を行った。

## B-19 (p,2p) 反応による $^{48}\text{Ca}$ の一粒子強度分布測定

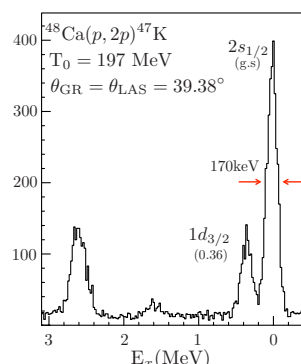
九大院理<sup>A</sup>, 阪大RCNP<sup>B</sup>, 東大院理<sup>C</sup>, 京大院理<sup>D</sup>, 理研<sup>E</sup> 進藤佑輔<sup>A</sup>, 野呂哲夫<sup>A</sup>, 若狭智嗣<sup>A</sup>, 坂口聡志<sup>A</sup>, 安田淳平<sup>A</sup>, 田端心海<sup>A</sup>, 大倉綾華<sup>A</sup>, 民井淳<sup>B</sup>, Guillaume Gey<sup>B</sup>, 岩本ちひろ<sup>B</sup>, 渡辺珠以<sup>C</sup>, 藤岡宏之<sup>D</sup>, 阪上朱音<sup>D</sup>, Yang Zaihong<sup>E</sup>, Panin Valerii<sup>E</sup>

近年、不安定核の研究が盛んに行われ、その殻構造の変化が注目されている。これは、テンソル力が1・s分離エネルギーに変化を与えるためであると考えられている。

我々のグループは、Ca 同位体について偏極ビームを用いた (p,2p) 反応実験によって一粒子強度分布の測定を行い、Ca 同位体の核内陽子の相対的なエネルギー準位をもってテンソル力の効果を検証することを目指している。今回、200MeV の  $^{48}\text{Ca}(p,2p)$  反応測定を励起エネルギーの高い領域まで行い、 $^{48}\text{Ca}$  核内陽子の一粒子強度分布の測定のための実験を行った。

Ca 核は一粒子状態が分散して様々な状態が混在するため、高分解能での測定が求められる。磁気スペクトロメータのイオン光学的

輸送行列の最適化により、分離エネルギーの分解能を 170keV まで向上することに成功した(図参照)。講演では解析の結果得られた断面積と偏極分解能についても報告する予定である。



## B-20 分光学的手段としての (p,2p) 反応の信頼性

九州大学<sup>A</sup> 田端心海<sup>A</sup>, 野呂哲夫<sup>A</sup>, 若狭智嗣<sup>A</sup>, 坂口聡<sup>A</sup>, 安田淳平<sup>A</sup>, 進藤佑輔<sup>A</sup>, 大倉綾華<sup>A</sup>, 中島峻<sup>A</sup>

近年、理化学研究所をはじめとして不安定核領域の研究が盛んに行われている。不安定核の殻構造の変化を探る上で、一粒子状態の探索が重要である。その手段として、逆運動学的条件下での陽子による核子ノックアウト (p,2p) 反応が有効とされる。本研究では、(p,2p) 反応がもつ分光学的手段としての信頼性について、安定核のデータを用いて詳細に評価する。

12C から 208Pb までの広範囲な質量領域の標的に対する (p,2p) 反応データを議論する。一部の測定は、ダブルアームスペクトロメータ Grand Raiden 及び LAS を擁する大阪大学核物理研究センターにおいて行った。測定データから残留核の低励起状態への遷移の微分断面積を算出する。これと既存のデータを合わせて最新の光学ポテンシャルを適用した DWIA 計算による微分断面積とを比較することで、分光学的因子 (S-factor) を導出する。得られた S-factor を、既存の (e,e'p) 反応による結果と比較し、(p,2p) 反応の分光学的手段としての信頼性を議論する。

## B-21 逆運動学 $^{132}\text{Sn}(p, n)$ 反応によるガモフテラー遷移の研究

九大院理<sup>A</sup>, 理研仁科セ<sup>B</sup>, MSU NSCL<sup>C</sup> 安田淳平<sup>A</sup>, 笹野匡紀<sup>B</sup>, Remco Zegerds<sup>C</sup>,  
他 SAMURAI17 Collaboration<sup>D</sup>

ガモフテラー (GT) 遷移は原子核のスピン・アイソスピンをそれぞれ一単位変え、それ以外の量子数は変えない、最も基本的な励起モードの一つである。中重核領域において、この励起モードは GT 巨大共鳴として現れ、その情報は核子間相互作用のアイソベクトル項を理解する上で極めて重要である。実験的には中間エネルギーにおける荷電交換反応によって調べられてきたが、多くは安定核に限られていた。近年、逆運動学における  $(p, n)$  荷電交換反応測定の手法の開発により、不安定核の GT 遷移測定が可能となった。

本研究では、この手法をより広い質量数範囲に拡大させるため、理研 RIBF において、大立体角低エネルギー中性子検出器群 WINDS と大アクセプタンススペクトロメーター SAMURAI とを組み合わせたセットアップの開発を行い、質量数  $A \sim 100$  において最も重要であ

る二重閉殻核の  $^{132}\text{Sn}$  の GT 遷移測定を行った。SAMURAI スペクトロメーターは  $(p, n)$  反応の同定に用いており、その広い運動量アクセプタンスのため、終状態が多粒子放出崩壊する高い励起状態の測定が可能で、図に示すように  $\gamma$ 、 $1n$  および  $2n$ -decay に対して  $(p, n)$  反応を示す運動学相関を得ることに成功した。本講演では実験セットアップと結果の詳細、今後の展望についての発表を行う。

