

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24740164

研究課題名(和文)ハドロン共鳴光生成のための荷電粒子検出器のレーザー較正システムの開発

研究課題名(英文)Development of the laser calibration system of the charged particle detector for hadron photo production

研究代表者

新山 雅之(Niiyama, Masayuki)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：90455361

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：バリオンは3つの構成子クォークからなると信じられているが、5つのクォークからなるバリオンの候補としてラムダ(1405)粒子がある。ラムダ(1405)粒子の空間的な広がりを測ることで、内部構造を理解できる。測定には崩壊粒子の検出が重要であるが、電磁石の磁場と検出器の電場の非一様性が粒子の飛跡を歪め、運動量測定が著しく悪化する問題があった。そこで検出器のレーザー較正システムと低ノイズアンプを開発し運動量測定能力を向上させた。光子ビームで試験データを取得しラムダ(1405)粒子の生成を確認した。本研究で開発したシステムを導入しデータ取得を行ってゆく。本研究の成果について国際会議で報告した。

研究成果の概要(英文)：The internal structure of baryons are one of the most important issue in the hadron physics. Ordinary baryons have been believed consists of three constituent quarks. The L(1405) is a candidate of a baryon with five constituent quarks. The internal structure of the L(1405) can be studied from the spatial distribution of the wave function. For this measurement, it is essentially important to detect decay products of L(1405), however due to the non-uniform magnetic and electric field, the momentum resolution of the detector was deteriorated. In this study, we developed a laser calibration system of the detector and low noise amplifiers to improve the momentum resolution of the detector. We confirmed that the calibration system and new readout electronics have sufficiently good performance. The data taking with this detector and calibration system are on-going. The results of the development were reported at international conferences.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・原子核

キーワード：ハドロン物理 エキゾチックハドロン 検出器開発

1. 研究開始当初の背景

5つのクォークで構成されるエキゾチックバリオンの候補としてラムダ(1405)粒子は古くから議論されてきたが、未だに内部構造が理解されていない。ラムダ(1405)粒子は中間子と核子が結び付いたハドロン分子状態である可能性が議論されてきた。ハドロン分子状態であれば、ラムダ(1405)粒子は空間的に広がっていることが理論的に予想されている。申請者は SPring-8 の光子ビームを用いてのラムダ(1405)粒子の生成率の角度分布から大きさの情報を得るための研究を行ってきた。ラムダ(1405)粒子をバックグラウンドとなるシグマ(1385)粒子と区別して測定するためには崩壊粒子の検出が重要である。これまでの実験では電磁石の磁場と粒子検出器の電場の非一様性による測定精度の悪化が問題となっていた。研究を進めるためには検出器を校正し測定精度を向上させる事が必要であった。

2. 研究の目的

ラムダ(1405)粒子の光生成の測定のため、電磁石と粒子検出器の電場、磁場の非一様性による粒子の飛跡の歪みを校正するシステムを開発し、運動量測定の精度を改善する。また、検出器中での多重散乱による運動量測定の悪化を抑え、測定精度をさらに向上させる。これらの検出器と校正システムを用いてラムダ(1405)粒子の生成率の測定を行い、内部構造について新たな情報を得ることが目的である。

3. 研究の方法

(1) ラムダ(1405)粒子の崩壊粒子を測定する3次元飛跡検出器のレーザー校正システムを開発する。この検出器は荷電粒子がガス中でイオン化した電子をドリフト電場で信号増幅部に誘導し、荷電粒子の飛跡を3次元情報として得るものである。電子のドリフトは検出器中の電場と磁場によって決定されるため、電場と磁場の非一様性による飛跡の歪みを補正する必要がある。本研究では磁場中でも直進するレーザー光を用いた検出器の校正システムを開発する。光ファイバーやミラーを用いて検出器内の広範囲にレーザー光を照射し、検出器の広い領域を校正できるように設計する。磁場の無い状態と磁場中でのレーザーの軌跡の変化を確認することで磁場と電場の非一様性によるレーザーの軌跡を測定し、補正パラメータを得ることで運動量測定の精度を向上させる。

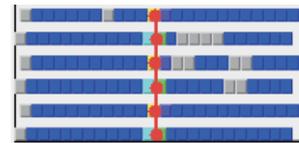
(2) ラムダ(1405)粒子の崩壊粒子は運動量が低いため多重散乱の影響を強く受け、運動量分解能が悪化する。より多重散乱の少ないネオンガスを用いる。ネオンガスでは信号が小さくなるため低ノイズアンプを開発し、崩壊粒子の検出効率を向上させる。

(3) 開発した校正システムと低ノイズアンプを SPring-8 の高エネルギー光子ビームラインに導入し、ラムダ(1405)粒子の光生成を測

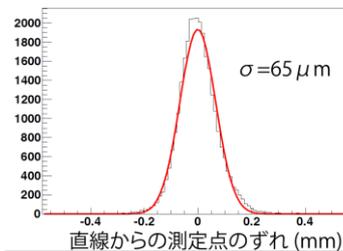
定する。ラムダ(1405)粒子とシグマ(1385)粒子の生成を確認し、さらにそれらの崩壊粒子を同定することでラムダ(1405)粒子の生成率を測定する。その角度分布から内部構造について知見を得る。

4. 研究成果

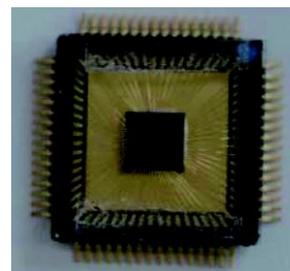
(1) パルスレーザーを用いた飛跡校正システムを開発した。検出器中のガスの電離効率の良い 266 nm の紫外レーザーを用いて、校正に必要なレーザーによる信号を確認できた。校正の精度が向上するようにレーザー強度を最適化した。また、ファイバーとミラーによる光学系を比較検討し、ミラーによる光学系でレーザーを検出器中に分配することに決定した。磁場中でのレーザーの軌跡を再構成し、65 μm の測定精度を得ることができ、校正に十分な精度を確認できた。磁場の無い状態と磁場中とで軌跡を測定し、磁場と電場の歪みを調べた。得られたデータから荷電粒子の運動量の測定精度を向上させるための補正方法を構築した。



荷電粒子検出器で測定したレーザー光による信号(赤点)と再構成されたレーザー光の直線(赤点)



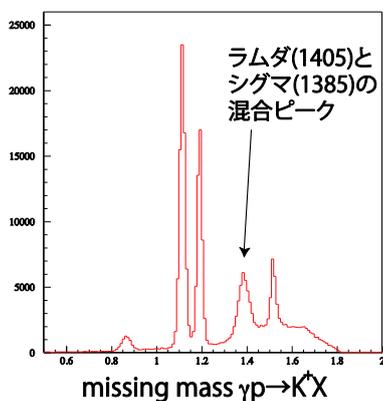
(2) 低運動量の崩壊粒子の運動量測定精度を向上させた。荷電粒子と検出器中のガスとの多重散乱による運動量測定の悪化を抑えるためにネオンガスを用いた荷電粒子の測定を可能にした。ネオンガスでは荷電粒子によるイオン化で生じる電子が少ないため、低ノイズのアンプチップを ASIC 技術を用いて新規に開発した。ノイズレベル、増幅率、線形性、消費電力、これらの温度依存性を実測し必要な性能を満たしていることを確認した。このアンプチップを搭載した波形読み出しボードを開発し、十分な性能が得られることを確認した。また、



開発した、低ノイズプリアンプチップ

ネオンガスを使用した3次元飛跡検出器に接続し荷電粒子の飛跡を実測して性能を確認した。

(3) 光子ビームを用いたラムダ(1405)の生成を確認した。既に稼働しているSPring-8/LEPS ビームラインでのラムダ(1405)粒子生成の試験データを得た。ラムダ(1405)粒子とバックグラウンドであるシグマ(1385)粒子の混合ピークが確認できた。また、新たな高輝度ガンマ線ビームラインで4倍の強度のガンマ線ビームが得られていることを確認した。このビームを用いれば短時間で十分な統計量の測定データを得ることができる。本研究で開発したレーザー較正システムと低ノイズアンプを用いてラムダ(1405)粒子の崩壊粒子を同定し、純粋なラムダ(1405)粒子の生成断面積の測定を行っていく。生成の角度分布からラムダ(1405)粒子の内部構造について早急に新たな情報を導く。本研究の内容、現状について4つの国際会議で報告した。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計10件)

(1) "Recent results of LEPS, ELPH and prospects of LEPS2", M. Niyama, PoS Hadron2013 (2014) 022, (査読有り)

(2) "Development of a GEM-TPC for H-dibaryon search experiment at J-PARC", H. Sako, J.K. Ahn, K.H. Baek, B. Bassalleck, H. Fujioka, L. Guo, S. Hasegawa, K. Hicks, R. Honda, S.H. Hwang, Y. Ichikawa, M. Ieiri, K. Imai, S.H. Kim, R. Kiuchi, H.S. Lee, K. Nakazawa, M. Naruki, A. Ni, M. Niyama, K. Ozawa, J.Y. Park, S.Y. Ryu, S. Sato, K. Shirotori, H. Sugimura, M. Sumihara, K. Tanida, H. Takahashi, T. Takahashi, JINST 9 (2014) C04009, (査読無し)

(3) "Development of large readout area, high time resolution RPCs for LEPS2 at SPring-8", N. Tomida, C.Y. Hsieh, M. Niyama, H. Ohnishi, W.C. Chang, T.

Hashimoto, H. Hamano, K. Mizutani. PoS RPC2012 (2012) 017, (査読有り)

(4) "Recent results from LEPS and prospects of LEPS II at SPring-8", M. Niyama, Nucl.Phys. A914 (2013) 543(査読有り)

(5) "Search for K - pp bound state via $\gamma d \rightarrow K^+ \pi^- X$ reaction at $E_\gamma = 1.5-2.4$ GeV", A.O. Tokiyasu, M. Niyama, J.D. Parker, D.S. Ahn, J.K. Ahn, S. Ajimura, H. Akimune, Y. Asano, W.C. Chang, J.Y. Chen, S. Date, H. Ejiri, H. Fujimura, M. Fujiwara, S. Fukui, S. Hasegawa, K. Hicks, K. Horie, T. Hotta, S.H. Hwang, K. Imai, T. Ishikawa, T. Iwata, Y. Kato, H. Kawai, K. Kino, H. Kohri, Y. Kon, N. Kumagai, D.L. Lin, Y. Maeda, S. Makino, T. Matsuda, T. Matsumura, N. Matsuoka, T. Mibe, M. Miyabe, M. Miyachi, N. Muramatsu, R. Murayama, T. Nakano, Y. Nakatsugawa, M. Nomachi, Y. Ohashi, H. Ohkuma, T. Ohta, T. Ooba, D.S. Oshuev, C. Rangacharyulu, S.Y. Ryu, A. Sakaguchi, T. Sawada, P.M. Shagin, Y. Shiino, H. Shimizu, E.A. Stokovskiy, Y. Sugaya, M. Sumihama, J.L. Tang, Y. Toi, H. Toyokawa, T. Tsunemi, M. Uchida, M. Ungaro, A. Wakai, C.W. Wang, S.C. Wang, K. Yonehara, T. Yorita, M. Yoshimura, M. Yosoi, R.G.T. Zegers, Phys.Lett. B728 (2014) 616, (査読有り)

(6) "Recent results from LEPS and prospects of LEPS II at SPring-8", M. Niyama, EPJ Web Conf. 37 (2012) 01006, (査読無し)

(7) "Trigger rate dependence and gas mixture of MRPC for the LEPS2 experiment at SPring-8", H. Chia-Yu, N. Tomida, H. Ohnishi, M. Niyama, C. Wen-Chen, L.W. Tsung-Tai, PoS RPC2012 (2012) 061, (査読有り)

(8) "High time resolution RPCs with different readout geometries", N. Tomida, C.Y. Hsieh, M. Niyama, H. Ohnishi, W.C. Chang, T. Hashimoto, H. Hamano, K. Mizutani, JINST 7 (2012) P12005, (査読有り)

(9) "Search for the Θ^+ pentaquark via the $\pi^- p \rightarrow K^+ X$ reaction at 1.92 GeV/c", K. Shirotori, T.N. Takahashi, S. Adachi, M. Agnello, S. Ajimura, K. Aoki, H.C. Bhang, B. Bassalleck, E. Botta, S. Bufalino, N. Chiga, P. Evtoukhovitch, A. Feliciello, H. Fujioka, F. Hiruma, R. Honda, K. Hosomi, Y. Ichikawa, M. Ieiri, Y. Igarashi, K. Imai, N. Ishibashi, S. Ishimoto, K. Itahashi, R. Iwasaki, C.W. Joo, M.J. Kim, S.J. Kim, R. Kiuchi, T. Koike, Y. Komatsu, V.V. Kulikov, S. Marcello, S. Masumoto, K. Matsuoka, K. Miwa, M. Moritsu, T. Nagae, M. Naruki, M. Niyama, H. Noumi, K. Ozawa, N. Saito, A. Sakaguchi, H. Sako, V. Samoilov, M. Sato,

S. Sato, Y. Sato, S. Sawada, M. Sekimoto, H. Sugimura, S. Suzuki, H. Takahashi, T. Takahashi, H. Tamura, T. Tanaka, K. Tanida, A. O. Tokiyasu, N. Tomida, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, K. Yagi, T. O. Yamamoto, S. B. Yang, Y. Yonemoto, C. J. Yoon, K. Yoshida, Phys. Rev. Lett. 109 (2012) 132002, (査読あり)

(10) "Spin-Density Matrix Elements for $\gamma p \rightarrow K^* \Sigma^+$ at $E_\gamma = 1.85 - 3.0$ GeV with Evidence for the $\kappa(800)$ Meson Exchange", S. H. Hwang, K. Hicks, J. K. Ahn, T. Nakano, D. S. Ahn, W. C. Chang, J. Y. Chen, S. Date, H. Ejiri, H. Fujimura, M. Fujiwara, S. Fukui, W. Gohn, T. Hotta, K. Imai, T. Ishikawa, K. Joo, Y. Kato, H. Kohri, Y. Kon, H. S. Lee, Y. Maeda, M. Miyabe, T. Mibe, Y. Morino, N. Muramatsu, Y. Nakatsugawa, M. Niiyama, H. Noumi, Y. Oh, Y. Ohashi, T. Ohta, M. Oka, J. Parker, C. Rangacharyulu, S. Y. Ryu, T. Sawada, Y. Sugaya, M. Sumihama, T. Tsunemi, M. Uchida, M. Ungaro, M. Yosoi, Phys. Rev. Lett. 108 (2012) 092001, (査読あり)

[学会発表] (計 4件)

(1) "Recent results from LEPS and prospects of LEPS II at SPring-8", M. Niiyama, 12th International Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, KRAKÓW, POLAND, 31 May - 5 June 2012

(2) "Recent results from LEPS and prospects of LEPS II at SPring-8", M. Niiyama, The 11th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics, Barcellona, Spain, 1 Oct- 5 Oct 2012.

(3) "Hadron physics with GeV photons at SPring-8/LEPS II", M. Niiyama, 13th International Conference on Meson-Nucleon Physics and the Structure of the Nucleon (MENU 2013), Rome, Italy, 30 Sep. - 4 Oct 2013

(4) "Recent results of LEPS, ELPH and prospects of LEPS2", M. Niiyama, XV International Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron 2013), Nara, Japan, 4 Nov - 8 Nov 2013

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：

出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新山 雅之 (NIIYAMA MASAYUKI)

研究者番号：90455361

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：