

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2009～2013

課題番号：21105003

研究課題名(和文) 異状な構造をもつバリオンの存在形態の解明

研究課題名(英文) Elucidation of baryons with unusual quark configuration

研究代表者

野海 博之(Noumi, Hiroyuki)

大阪大学・核物理研究センター・教授

研究者番号：10222192

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 241,500,000円、(間接経費) 72,450,000円

研究成果の概要(和文)：(1)従来の2.6倍の統計データに基づき、 $\gamma n \rightarrow K^+K^+X$ 反応スペクトルに Λ^+ に対応するピーク構造が再確認されたが統計的有意性は低下した。これから、重陽子標的直下流の検出器を使い、 Λ^+ 生成に關与しない反跳陽子を伴う事象を排除するとピーク構造が強調された。(2) $p(\pi^-, K^-)\Lambda^+$ による Λ^+ 生成断面積の上限を測定し崩壊幅が1 MeV以下という厳しい制限を与えた。(3) $p(K^+, \pi^+)\Lambda^+$ 反応により $\Lambda(1405)$ の生成スペクトルの荷電非対称性を観測した。(4) $d(K^-, n)$ 反応による $\Lambda(1405)$ 生成実験の準備が完了した。(5)大立体角検出器の建設が進み、LEPS2ビームラインが稼働を始めた。

研究成果の概要(英文)：(1)Based on the data with 2.6 times higher statistics, we observed a peak structure at around 1530 MeV/c² in the $\gamma n \rightarrow K^+K^+X$ reaction. However, its statistical significance is found to be lower. The peak structure is rather enhanced if we reject events associate a recoiled protons which do not concern a Λ^+ production by using information from the timing counter located just downstream the deuterium target. (2)We measured an upper limit of the cross section of the $p(\pi^-, K^-)\Lambda^+$ reaction, giving the decay width of Λ^+ less than 1 MeV. (3)We observe charge asymmetry of the $\Lambda(1405)$ production in the $\gamma p \rightarrow K^+\pi^+\Lambda^+$ reactions. (3)An experimental study of $\Lambda(1405)$ via the $d(K^-, n)$ reaction is ready to run. (4)Construction of a large acceptance spectrometer is in progress at the LEPS2 beam line. (5)The LEPS2 beam line is now in operation.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：エキゾチックハドロン ハドロン レーザー電子光 ハドロンビーム クォーク バリオン 共鳴状態 偏極光子ビーム

1. 研究開始当初の背景

SPring-8 のレーザー電子光施設(LEPS)の実験は最低5つの構成クォークからなるペンタクォーク Θ^+ を世界で初めて見出した(Phys. Rev. Lett. 91, 012002(2003))。本計画研究が始まる前の2009年には、LEPS実験から重陽子中の中性を標的とした $\gamma n \rightarrow K-K+X$ 反応における $K+X$ の欠損質量スペクトル中に Θ^+ に対応するピーク構造を再び確認したとの報告がなされた(Phys. Rev. C79, 025210(2009))。 Θ^+ の存在を確立し、生成と崩壊を調べ、 Θ^+ の属性を明らかにすることが課題である。

2. 研究の目的

本研究は、少なくとも5つの構成クォークを必要とする Θ^+ や、メソンとバリオンの分子的な相関が示唆される $\Lambda(1405)$ のような異状な構造を持つバリオンについて生成から崩壊まで包括的に測定し、それらの属性(質量, 崩壊幅, spin, isospin, parity, 形状因子等)を実験的に解明する。このような従来にないエキゾチックな状態の存在形態を明らかにすることにより、従来の単純なクォーク模型を超えたハドロン形成の新しい描像を得る。ハドロン内の構成クォークやクォーク・反クォーク及びクォーク・クォーク相関に対する理解を深め、クォーク閉じ込めとハドロンの質量獲得の機構解明への糸口をつかむ。

3. 研究の方法

本研究では、光子ビームとハドロンビームを用い、異状なバリオンに特徴的な生成機構と崩壊モードについて精密に調べる。

LEPS施設の光子ビームを増強し、エキゾチックハドロン分光実験を効率的に推進する。

対象とするエキゾチックハドロンに関与する検出可能なすべての粒子についてできる限り全方位全運動量をカバーする大立体角精密分光装置を開発する。これにより、 Θ^+ については、特に K_s+p への崩壊を捉え、 Θ^+ の質量と幅といった情報を得られる。 $\Lambda(1405)$ について、 $p(\gamma, K^{*+})$ や $d(K^-, n)$ 反応等を利用した生成とアイソスピン状態を特定する崩壊モードを捉え、質量スペクトルにカイラル理論で予想される2極構造を確認する。

4. 研究成果

(1) Θ^+

光子ビームを用いた Θ^+ の研究についての成果を述べる。2009年発表論文のデータに比べての2.6倍の統計量のデータを用いた解析を行った。人為的バイアスを排除するために、2009年に発表された論文に詳述された解析手法・条件に従って解析した結果、ピーク構造が再確認された。一方、統計的な有意性は低下した。この原因を追究すべく、標的の直下

流に置かれたタイミングカウンターに記録された荷電粒子によるエネルギー付与の情報を利用し、反応により大きく前方に反跳を受けた陽子を積極的に測定した。 Θ^+ の生成には中性子のみが寄与するため、タイミングカウンターで反跳陽子を同定したイベントは Θ^+ の生成事象ではないとみなすことができる。このようにして、反跳陽子を観測した事象と観測しなかった事象に分けてスペクトルを求めたところ、後者はピーク構造がより強調されることが判明した(図1)。このピーク構造についてはより高い統計で確認する必要があるので、反跳陽子に対する検出効率をさらに上げたデータを取得中である。

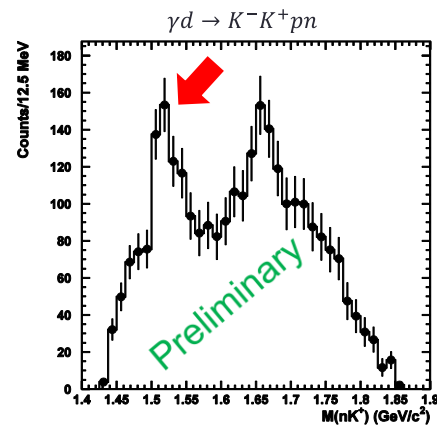


図1: 反跳陽子を排除した nK^+ の欠損質量スペクトル

J-PARCにおいて $p(\pi^-, K^-)$ 反応を用いた Θ^+ の探索実験を行った。大強度の π 中間子ビームと散乱 K 中間子とともに高い運動量分解能のスペクトロメータで分析し、 Θ^+ の生成断面積と崩壊幅を高い感度で測定可能である。測定スペクトルにピーク構造は観測されず、生成断面積の上限として260nbを得た。この実験結果から、この反応における $\bar{K}N\Theta$ 結合が小さいことが要請される。また、 Θ^+ が存在すればその崩壊幅は1MeV以下という制限を与えることができた。

(2) $\Lambda(1405)$

$\gamma p \rightarrow K^+ \pi^\pm \Sigma^\pm$ 反応を用いた $\Lambda(1405)$ の生成スペクトルを測定した。LEPS施設では、ポリエチレン (CH_2) 標的から炭素 (C) の寄与を除いたスペクトルが2008年に報告されているが、本研究では、水素標的を用い、さらに、最大エネルギーを2.4GeVから3GeVに向上させた。その結果、2008年の報告にあるとおり、 $\pi^+ \Sigma^-$ と $\pi^- \Sigma^+$ の欠損質量スペクトルにおける荷電非対称性が確認された(図2)。これは、反応におけるアイソスピン0と1の振幅の干渉項の存在を示している。また、 $\pi^+ \Sigma^-$ と $\pi^- \Sigma^+$ の欠損質量スペクトルの和について、 $\Lambda(1405)$ の生成率の γ 線エネルギー依存性を求めた。生成閾値近傍 ($1.5 < E_\gamma < 2.0$ GeV) か

らエネルギーを上げる ($2.0 < E_\gamma < 2.4$ GeV) と生成率が減少し、さらにエネルギーを上げる ($2.4 < E_\gamma < 3.0$ GeV) と生成率は再び上昇した。低エネルギー側と高エネルギー側では生成機構が異なることを示唆している。

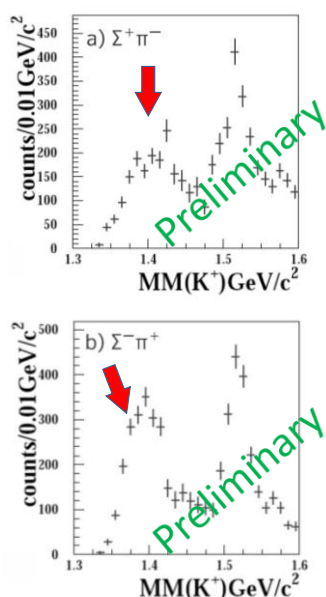


図 2: $\gamma p \rightarrow K^+ \pi^\pm \Sigma^\mp$ 反応を用いた $\Lambda(1405)$ の生成スペクトル

低エネルギーの $\bar{K}N$ 散乱データなどの解析から $\bar{K}N$ の強い引力的相互作用が指摘されている。このことから、 $\Lambda(1405)$ は $\bar{K}N$ の深い束縛状態ではないかとの議論がなされてきた。そこで、J-PARC において、 $K^+ d \rightarrow \pi^+ \Sigma^+ n$ 反応を用いた $\Lambda(1405)$ の生成実験を提案した。この反応において、 K^+ 中間子ビームは、重陽子標的と衝突して中性子を前方に蹴り出すことにより自身のエネルギーを下げ、残留核子と相互作用して $\Lambda(1405)$ を生成する。入射 K^+ ビームと散乱中性子の運動量を測定し、標的を円筒状に取り巻くように設置された検出器で崩壊粒子を捉えて、3つの荷電終状態 ($\pi^\pm \Sigma^\mp$ および $\pi^0 \Sigma^0$) を同定することにより、反応に寄与するアイソスピン 1 と 0 の振幅を分解する。本計画研究により実験準備がすべて整い、2013年の夏にビームタイムが割り当てられたが、J-PARC 施設のトラブルによりデータ収集は施設再開後(本研究期間の終了後)に延期された。

$\Lambda(1405)$ が $\bar{K}N$ の深い束縛状態なら、 \bar{K} と原子核との深い束縛状態の存在が示唆される。LEPS 施設において、 $\gamma d \rightarrow K^+ \pi^- X$ 反応を用いた $K^- pp$ の束縛状態の探索実験が行われた。 X の欠損質量スペクトルに束縛状態を示唆する構造は見いだせなかったが、 $K^- pp$ 状態の生成断面積の上限が得られた。

(3) その他の物理成果

光子ビームによる η, ω, η' および ϕ といった中間子の生成は、バリオン中の $s\bar{s}$ 成分に敏

感である。 η, ω や η' の後方での生成断面積の測定から $2\text{GeV}/c^2$ 以上の質量をもつ高い核子励起状態の寄与が示唆される結果が得られた (Phys. Rev. C80, 052201 (2009); Phys. Lett. B 投稿準備中)。

(4) 大立体角検出器の建設

本計画研究では、 Θ^+ や $\Lambda(1405)$ といった異状な構造を持つバリオンの存在形態を調べるために、それらの生成と崩壊に参与する測定可能な粒子について全方位全運動量をカバーする大立体角検出器の建設を行った。このため、米国のブルックヘイブズ国立研究所 (BNL) から大型のソレノイド電磁石と付随した検出器と電子回路の提供を受け、分解して日本に輸送した。本計画が後押しとなって大阪大学が SPring-8 に新しく建設した LEPS2 ビームラインにおいて理研仁科加速器センターによって建設された実験室が建設に、輸送したソレノイド電磁石が組み立てられた (図 3)。こ

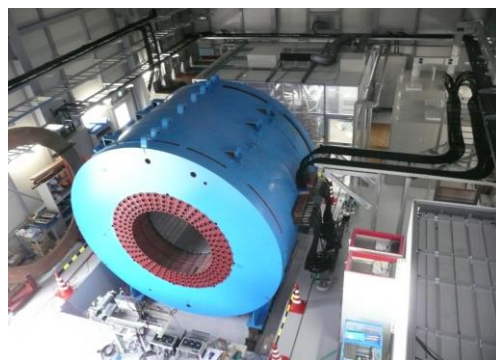


図 3: 新実験室に設置されたソレノイド電磁石

の大立体角検出器によって、 Θ^+ の生成とともに $K_s^0 p \rightarrow$ 崩壊する過程を測定し、フェルミ運動による分解能の不定性を排除した測定が可能になる。なお、LEPS2 ビームラインは 2013 年 1 月にコミッショニングが始まり、同年 4 月から BGO ガンマ線検出器等を用いた物理データ取得を開始した。

(5) 実験装置等開発

本計画研究によって、大立体角検出器で用いる検出器の開発が進んだ。とくに、2つの高速タイミング検出器の開発を行った。Time-of-Propagation (TOP) カウンターは本領域研究の計画研究 D01 班と共同して LEPS 実験施設でテストされ、高い時間応答を達成し、LEPS2 実験において π/K 分離が可能であることを示した (IEEE Tr. Nucl. Sci. 投稿準備中)。Resistive Plate Chamber (RPC) はガラスのような高抵抗体を多層並べた高速応答ガス検出器である。1m を超える長い読み出し電極を持つ RPC で、読み出し電子回路ジッターの寄与 (40ps) を含みながら、60ps の高い時間分解能を達成した (JINST 7, P12005(2012))。

本計画研究で、光子ビームの増強が図られ

た。波長が 266 nm の大出力固体レーザーを複数同時に入射し、光学系を工夫することで、逆コンプトンガンマ線のエネルギーを最大 3GeV までに引き上げるとともに、ガンマ線強度を増強させた (Nucl. Instr. Meth. A737, 184-194(2014))。

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 45 件)

- ① A. O. Tokiyasu, T. Hotta(19 番目), T. Nakano(41 番目), T. Yorita(69 番目), M. Yosoi(71 番目), 他全 72 名, "Search for K-pp Bound State via $\gamma d \rightarrow K+\pi-X$ Reaction at $E_\gamma = 1.5 - 2.4$ GeV", Phys. Lett. B728, 616-621(2014). 査読有: DOI:10.1016/j.physletb.2013.12.039
- ② N. Muramatsu, T. Hotta(9 番目), T. Nakano(18 番目), T. Yorita(27 番目), M. Yosoi(28 番目), 他全 28 名, Development of High Intensity Laser-Electron Photon Beams up to 2.9 GeV at SPring-8 LEPS Beamline, Nucl. Instr. Meth. A737, 184-194(2014). 査読有: DOI: 10.1016/j.nima.2013.11.039
- ③ N. Muramatsu, Recent Progress and Results of LEP, LEPS2, and ELPH, Few-Body Systems 54, 997-1004(2013). 査読有: DOI: 10.1007/s00601-013-0614-4
- ④ Y. Kato, New Result on Θ^+ from LEPS, Few-Body Systems 54, 1245-1250(2013). 査読有: DOI: 10.1007/s00601-013-0681-6
- ⑤ Y. Nakatsugawa, Photoproduction of $\Lambda(1405)$ and $\Sigma^0(1385)$ on the Proton at $E_\gamma=1.5-3.0$ GeV at SPring-8/LEPS, Few-Body Systems 54, 1179-1182(2013). 査読有: DOI: 10.1007/s00601-013-0663-8
- ⑥ H. Noumi, Hadron Experimental Facility at J-PARC, Few-Body Systems 54, 813-820(2013). 査読有: DOI: 10.1007/s00601-013-0660-y
- ⑦ M. Naruki, Search for Pentaquark Θ^+ in Hadronic Reaction at J-PARC, Few-Body Systems 54, 955-960(2013). 査読有: DOI: 10.1007/s00601-013-0685-2
- ⑧ K. Shirotori, M. Naruki(39 番目), H. Noumi(41 番目), S. Sawada(50 番目), K. Tanida(58 番目), 他全 68 名, Search for the Θ^+ pentaquark via the $\pi^+p \rightarrow K^+X$ reaction at 1.92 GeV/c, Phys. Rev. Lett. 109, 132002/1-5(2012). 査読有: DOI: 10.1103/PhysRevLett.109.132002
- ⑨ N. Tomida, 他全 8 名, High Time Resolution RPCs with Different Readout Geometries, JINST 7, P12005/0-9, 2012.: 査読有: DOI: 10.1088/1748-0221/7/12/P12005
- ⑩ S. H. Hwang, T. Nakano(4 番目), T. Hotta(14 番目), H. Noumi(29 番目), M. Yosoi(43 番目), 他全 43 名, 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, Phys. Rev. Lett. 108, 092001/1-5(2012). 査読有: DOI: 10.1103/PhysRevLett.108.092001
- ⑪ T. Ohta, M. Yosoi(16 番目), 他全 16 名, Distillation of hydrogen isotopes for polarized HD targets, Nucl. Instr. Meth. A664, 347-352(2012). 査読有: DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2011.10.059
- ⑫ T. Ohta, M. Yosoi(16 番目), 他全 16 名, HD gas analysis with gas chromatography and quadrupole mass spectrometer, Nucl. Instr. Meth. A664, 347-352(2012). 査読有: DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2011.02.091
- ⑬ H. Kohri, T. Hotta(4 番目), M. Yosoi(12 番目), 他全 17 名, Polarized HD Target for Future LEPS Experiment at Spring-8 in Japan, Int. J. Mod. Phys. E 19, 903-914 (2010). 査読有: DOI: 10.1142/S0218301310015357
- ⑭ H. Kohri, T. Hotta(15 番目), T. Nakano(32 番目), T. Yorita(56 番目), M. Yosoi(58 番目), 他全 59 名, Near-threshold $\Lambda(1520)$ production by the $\gamma p \rightarrow K^+ \Lambda(1520)$ reaction at forward K^+ angles, Phys. Rev. Lett. 104, 172001/1-4 (2010). 査読有: DOI:http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.104.172001
- ⑮ W. C. Chang, T. Hotta(14 番目), T. Nakano(32 番目), T. Yorita(53 番目), M. Yosoi(55 番目), 他全 56 名, Measurement of spin-density matrix elements for ϕ -meson photoproduction from protons and deuterons near threshold, Phys. Rev. C 82, 015205/1-11 (2010). 査読有: DOI: 10.1103/PhysRevC.82.015205
- ⑯ M. Sumihama, T. Hotta(13 番目), N. Muramatsu(27 番目), T. Nakano(28 番目), M. Yosoi(50 番目), 他全 51 名, Backward-angle eta photoproduction from protons at $E_\gamma=1.6-2.4$ GeV, Phys. Rev. C80, 052201 (2009). 査読有: DOI:http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevC.80.052201

- ⑰ N. Muramatsu, T. Hotta(16 番目), T. Nakano(32 番目), M. Yosoi(54 番目), 他全 55 名, Near-threshold photoproduction of $\Lambda(1520)$ from protons and deuterons, Phys. Rev. Lett. 103, 012001 (2009). 査読有:
DOI:http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.012001
- ⑱ W. C. Chang, T. Nakano(3 番目), T. Hotta(16 番目), N. Muramatsu(31 番目), M. Yosoi(54 番目), 他全 55 名, Measurement of the incoherent $\gamma d \rightarrow \phi p n$ photoproduction near threshold, Phys. Lett. B684, 6 (2010). 査読有:
DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2009.12.051

[学会発表] (計 135 件)

- ① H. Noumi, Spectroscopic study of charmed baryons at J-PARC, XV international Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron2013), 2013 年 11 月 8 日, 奈良
- ② M. Niiyama, Recent results of LEPS, ELPH and prospects of LEPS2, XV international Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron2013), 2013 年 11 月 7 日, 奈良
- ③ T. Nakano, Pentaquarks, XV international Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron2013), 2013 年 11 月 5 日, 奈良
- ④ H. Noumi, Future projects at J-PARC, The Seventh Symposium on Chiral Symmetry in Hadron and Nuclei, 2013 年 10 月 30 日, 北京
- ⑤ M. Yosoi, Hadron Physics Experiments at LEPS and LEPS2, French-Japanese Symposium on Nuclear Structure Problems, 2013 年 10 月 2 日, パリ
- ⑥ 野海博之, 高運動量ビームラインでのチャームバリオン分光, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 9 月 20 日, 高知大学
- ⑦ 白鳥 昂太郎, Search for Θ^+ pentaquark using a hadron beam at J-PARC, 日本物理学会 2013 年秋季大会, 2013 年 9 月 20 日, 高知大学
- ⑧ H. Noumi, Charmed baryons and future project at J-PARC, International Conference on the Structure of Baryon (Baryon2013), 2013 年 6 月 28 日, Glasgow
- ⑨ H. Noumi, Hadron Spectroscopy at the J-PARC high-momentum beam line, The 9th International Workshop on the Physics of Excited Nucleons, 2013 年 5 月 30 日, Peniscola
- ⑩ M. Yosoi, LEPS2 Project, International Workshop on using Heavy flavors to probe New Hadron Spectroscopies/Dynamics, 2012 年 11 月 20 日, Busan
- ⑪ Y. Kato, New results on Θ^+ from LEPS, International Workshop on using Heavy flavors to probe New Hadron Spectroscopies/Dynamics, 2012 年 11 月 20 日, Busan
- ⑫ 野海博之, 高分解能二次ビームでの物理, 日本物理学会 2012 年秋季大会, 2012 年 9 月 13 日, 京都産業大学
- ⑬ 富田 夏希, 大面積・高時間分解能 Resistive Plate Chamber の開発, 日本物理学会 2012 年秋季大会, 2012 年 9 月 13 日, 京都産業大学
- ⑭ K. Tanida, Strangeness Nuclear Physics in J-PARC: initial results and recovery from the Earthquake, VIII TOURS Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics, 2012 年 9 月 6 日, Schwarzwald
- ⑮ H. Noumi, Hadron Experimental Facility at J-PARC, The 20th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics (FB20), 2012 年 8 月 21 日, 福岡
- ⑯ K. Tanida, Hadron Physics Experiments at J-PARC, Hadron Production and J-PARC Physics, 2012 年 4 月 12 日, Pohang
- ⑰ M. Niiyama, LEPS Project, RCNP 研究会「多彩なフレーバーで探る新しいハドロン存在形態の包括的研究」, 2011 年 2 月 21 日, 大阪
- ⑱ S. H. Hwang, K^* Photoproduction at LEPS, RCNP 研究会「多彩なフレーバーで探る新しいハドロン存在形態の包括的研究」, 2011 年 2 月 21 日, 大阪
- ⑲ K. Shirotori, Search for Θ^+ via the pion induced reaction at J-PARC: J-PARC E19, The fifth Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics 2011 (APFB2011), ソウル
- ⑳ M. Niiyama, LEPS II GeV photons at SPring-8, XIV International Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron2011), 2011 年 6 月 16 日, ミュンヘン
- 21 T. Takahashi, Highlights from J-PARC hadron Facility, XIV International Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron2011), 2011 年 6 月 16 日, ミュンヘン
- 22 K. Shirotori for the J-PARC E19 collaboration, Search for Θ^+ pentaquark baryon at the J-PARC K1.8 beam line: First result and current status, Hadron Physics Meeting (Strangeness Physics at J-PARC), 2011 年 5 月 28 日, Pohang
- 23 成木 恵, Recent results from the

- pentaquark search experiment at J-PARC, 領域研究会「多彩なフレーバーで探る新しいハドロン存在形態の包括的研究」, 和光
- 24 K. Tanida, Status of J-PARC K1.8 beam line, International Workshop on Hadron-Nuclear Physics (HNP2011), 2011年2月24日, Pohang
- 25 K. Tanida, Korean activities in nuclear and hadron physics at J-PARC, The 3rd Science web GCOE International Symposium on Weaving Science Web beyond Particle-Matter Hierarchy, 2011年2月17日, 仙台
- 26 M. Yosoi, LEPS2: the second Laser-Electron Photon facility at SPring-8, International Conference on the structure of baryons (BARYONS' 10), 2010年12月11日, 大阪
- 27 M. Naruki, Status Report of the J-PARC E19, International Conference on the structure of baryons (BARYONS' 10), 2010年12月10日, 大阪
- 28 T. Nakano, Highlights and Prospects from LEPS and LEPS2, International Conference on the structure of baryons (BARYONS' 10), 2010年12月9日, 大阪
- 29 H. Kohri, Spin Physics at Spring-8 - Recent Results, International symposium SPIN2010, 2010年10月2日, Julich
- 30 M. Naruki, Hadron physics at J-PARC: Current status and future prospects, 11th Int. Workshop on Meson Production, Properties and Interaction (MESON 2010), 2010年6月15日, Cracow
- 31 T. Nakano, Recent Results from LEPS and Future Prospects at LEPS2, 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium, 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium, 2009年11月9日, 筑波大学
- 32 M. Naruki, Probing Dense Matter via Hadron Properties, 3rd Joint Meeting of the APS and JPS, 2009年10月17日, ハワイ
- 33 T. Nakano, Theta+, JSPS 日米共同セミナー「JLab と J-PARC における中間子生成反応」, 2009年10月11日, ハワイ
- 34 K. Tanida, Experimental Program at J-PARC, 10th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics, 2009年9月17日, リコッティ (東海)
- 35 T. Nakano, Penta-quark, 10th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics, 2009年9月17日, リコッティ (東海)

[図書] (計 0件)

[産業財産権]
○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]
ホームページ等
新学術領域: http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/public/new_hadron/
LEPS: <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/npl-b/index.php>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野海博之 (NOUMI, Hiroyuki)
大阪大学・核物理研究センター・教授
研究者番号: 10222192

(2) 研究分担者

堀田智明 (Hotta, Tomoaki)
大阪大学・核物理研究センター・助教
研究者番号: 30332745

(3) 連携研究者

澤田真也 (SAWADA, Shin'ya)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授
研究者番号: 70311123

(4) 連携研究者

村松憲仁 (MURAMATSU, Norihito)
東北大学・電子光物理学研究センター・准教授
研究者番号: 40397766

(5) 連携研究者

成木恵 (NARUKI, Megumi)
京都大学・理学研究科・准教授
研究者番号: 00415259

(6) 連携研究者

谷田聖 (TANIDA, Kiyoshi)
ソウル国立大学校・物理天文学部・教授
研究者番号: 00360587

(7) 連携研究者

中野貴志 (NAKANO, Takashi)
大阪大学・核物理研究センター・教授
研究者番号: 80212091

(8) 連携研究者

依田哲彦 (YORITA, Tetsuhiko)
大阪大学・核物理研究センター・助教
研究者番号: 30372147

(9) 連携研究者

與曾井優 (Yosoi, Masaru)
大阪大学・核物理研究センター・教授
研究者番号: 80183995