

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：13901

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2013～2017

課題番号：25105006

研究課題名(和文) 超高解像度ニュートリノ検出器の開発

研究課題名(英文) R&D of super high resolution neutrino detector

研究代表者

中村 光廣 (NAKAMURA, Mitsuhiro)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授

研究者番号：90183889

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 58,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、2010年から開始した原子核乳剤の自家生産能力を年間700kg程度まで増強、並行して年間300m²程度の原子核乾板の製造能力を実現した。この施設で高性能原子核乾板を量産し、JPARCでの低エネルギーニュートリノ反応研究のためのNINJA実験、気球搭載型大口径線望遠鏡計画GRAINE、宇宙線ミュオンを用いたピラミッドなどの大型構造物の透視を加速し、原子核乾板の多様な展開を可能とした。また20nm～1.2ミクロンのサイズを持つ原子核乳剤の製造を可能とし用途最適のサイズを選べる様になった。超微粒子原子核乾板を活用し、暗黒物質探索、重イオン実験、中性子検出器の開発を展開した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we increased the nuclear emulsion gel production capability up to 700kg/year and the emulsion film production capability up to 300m²/year. Using this capability, we supplied nuclear emulsion films to the following projects and accelerated each projects and fields, 1) NINJA experiment at JPARC for the study of low energy neutrino interactions, 2) GRAINE project for the balloon borne large aperture and high precision gamma-ray telescope, 3) Cosmic-ray muon radiography to investigate the inner structure of large scale subjects like Pyramids. In parallel, we realized the extension of the crystal size selection from 20nm to 1.2 microns. By this extension, we can select the crystal size suited to the purpose. Using super fine crystal gel of 10 nano-meter size, we developed the experiment for dark matter directional detection, heavy ion experiments and high precision neutron detection.

研究分野：素粒子物理学実験

キーワード：原子核乾板 ニュートリノ ニュートリノ振動

1. 研究開始当初の背景

ニュートリノの研究は、異種ニュートリノ出現の検出によるニュートリノ振動の最終確認をへて、クォークの階層でなされている様な Mixing Angle の精密測定、CP 対称性の破れの検証、また Non-Standard Interaction の探索による標準理論の枠組みを超えた物理の探求に向かっている。

原子核乾板を用いた検出器は、その位置分解能の良さから、DONUT 実験におけるタウニュートリノ (ν_τ) の世界初の検出、CHORUS・OPERA 実験における ν_τ 出現の検出による振動の検証など、 ν_τ 反応の検出において大きな役割を果たしてきた。 ν_τ は通常のニュートリノ生成装置で製造されるビームにほとんど含まれないため、ニュートリノ振動のみならず Non-Standard Interaction 探索においてもバックグラウンド(BG)の少ないクリアな信号として使うことが出来る。また原子核乾板を用いる検出器は非常に低 BG の電子ニュートリノ (ν_e) 検出器として機能することが OPERA の解析の中で明らかになった。これは最大の BG である中性カレント反応で発生する π^0 崩壊の γ 線起因の電子・陽電子双方を高効率で検出し排除できるからである。また原子核乾板の高位置分解能を生かして、1 テスラ 程度の磁場がかかった数 cm のギャップで、数 GeV の運動量を持つ荷電粒子の電荷の符号を決める事も出来る事を示してきた。このことは、ニュートリノ実験に必要な大質量の検出器中でも、カスケードシャワーに関与する電子・陽電子個々の符号決定により、 ν_e と $\bar{\nu}_e$ の反応の弁別が可能である事を示しており、粒子・反粒子を含む全種類のニュートリノを同定可能なユニークな検出器とする事ができることを意味している。

この様なユニークな能力を有する原子核乾板であるが、一方で原子核乾板を支えてきた社会的環境は変化してきている。特殊な写真フィルムである原子核乾板は、従来海外では Ilford 社や KODAK 社が、国内では富士フイルム社が中心となって開発・製造を行ってきたが、最後まで開発を続けていた同社も写真のデジタル化に伴って開発部門を縮小、コスト削減のために製造単位の大規模化を行っており、過去に実現できていた DONUT 級 (標的重量数百 kg) の実験の実現は容易ではなくなっている。我々はこの状況を、これまで物理研究者の手になかった原子核乾板本体の開発を物理研究者に移す機会とみて、富士フイルム社 OB の技術者の協力を得て、2010 年より大学に乳剤の開発製造のための装置を導入し、独自の原子核乳剤の開発を開始した。2011 年には、これまで使用してきた同社製の乳剤よりも約 3 倍感度が良い乳剤の開発に成功、また宇宙の暗黒物質が作るサブミクロンの飛跡をとらえるための超微粒子乳剤の開発にも取り組み、同社でも不可能であった直径 30nm の超微粒子原子核乳剤の再

現性高い製造にも成功した。

2. 研究の目的

本研究で設定した目標は以下である。

1) 物理の目的に最適な原子核乳剤を、物理研究者の手によりデザインし、開発・製造、実験に供する環境を整備する。

スケールアップした乳剤製造装置を立ち上げ、実験に最適な乳剤をタイムリーに、実際の実験に供する環境を整備する。

2) 原子核乳剤の 3 次元空間解像力の向上/高感度化を推進する。

位置分解能は、原理的に原子核乾板を構成するハロゲン化銀結晶のサイズでできる。これまでの開発によって 30nm の物まで安定に製造可能となっているが、どの程度の微粒子のものまで最小電離粒子検出において意味があるのかを、結晶サイズ、結晶構造 (コアシェル多層構造)、増感薬剤の調整・調合温度・時間や現像の調整により探り最適化する。

3) 高精度フィルム開発

乳剤の分解能向上と並行して、機械精度の高いフィルムを製造するための塗布装置・手法の開発を行う。塗布能力として当面の実験に対応出来る 300m²/年の実現をめざす。

3. 研究の方法

目的達成のために 1) ベースとなる装置類 (既存装置比 3.5 倍の乳剤製造装置、塗布台他塗布環境、乾燥室など) を早期に立ち上げ、実際の実験や目的のために乳剤をデザイン・試験し、実際に製造した乳剤・乾板を実験に供給、最新鋭の超高速の読取装置で読み取り評価するルーチンを繰り返すことを通じて、2) 3) の目的達成に向けた活動を展開して来た。

4. 研究成果

1) 図 1 に示す従来比 3.5 倍スケールの乳剤製造装置を立ち上げ、乳剤の供給能力を増強した。



図 1 3.5 倍スケール乳剤製造装置

2) 図 2 に示すような塗布台を設置した手塗乾板塗布施設を立ち上げ、年間 300 m²程度の塗布に対応出来るものとした。

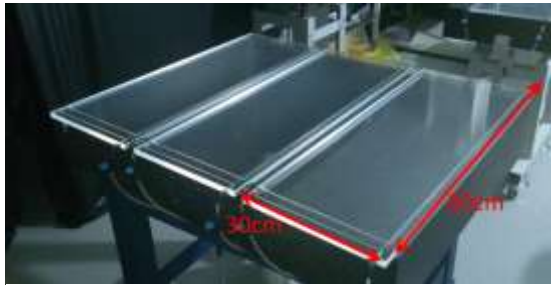


図2 設置した塗布台

3) 独自施設の立ち上げと並行して富士フィルムとの連携を再開し、名大で開発した原子核乳剤のレシピで富士フィルムに委託製造するチャンネルを開発した。

4) 1) 2) の施設群を、以下の諸計画の使用に供して、それぞれ成果を得た。

計画	目的	使用量	成果
GRAINE 2015	γ線天文学 気球搭載型大 口径望遠鏡の 開発	70 m ²	オーストラリア フライトの成功。 検出器群の原理 実証②成功。
GRAINE 2018	〃	70 m ²	フライト成功 (解析開始)
NINJA @JPARC	低エネルギー ニュートリノ 反応の研究	<10 m ²	テスト実験に寄 る有効性の実証 →実験提案・採択
DsTAU(テ スト実 験)	タウニュート リノ生成の研 究	~10 m ²	400GeV/c 陽子を用いたテスト実験を実施。Ds→τ崩壊検出の解析手法開発中。
SHiP 実 験(テスト 実験)	タウニュート リノ反応の研 究	~10 m ²	テスト実験を実施。
SCAN PYRAMIDS	ピラミッド透 視	50 m ²	未知空洞の発見 @クフ王のピラ ミッド
原子炉透 視@浜岡	圧力容器底 部、格納容器 底部の透視	~10 m ²	格納容器底部の 確認、サブドレ インからの透視に 成功。

5) 製造できる結晶サイズの範囲を拡大し、20nm~1.2 μm サイズの原子核乳剤を製造できる様になった。それぞれの用途に応じて添加薬剤を調節し、感度-Fog の最適化を行った。

6) 乾板の画像保持特性の改善を行った。画像保持特性の悪化(潜像退行)に影響を及ぼす薬剤を特定し、開発の方向性を明らかにした。

7) 超微粒子の原子核乾板(NIT:Nano Imaging Tracker)を活用し、WIMPS の方向性探索実験を推進する一方で、応用研究として重イオンの核種同定の研究。また 10nm の位置分解能を持つ中性子検出器の開発に成功した。

5. 主な発表論文等

(以下研究代表者、研究分担者及び連携研究者を示す下線等は省略する。いずれも本研究に関係した研究者によるものである。)

〔雑誌論文〕(計 24 件)

- ① Development of nuclear emulsion with thick type plastic base for improvement of angular accuracy, Yuta Manabe, K. K. Morishima, N. Kitagawa, A. Nishio, M. Kuno, M. Moto. PoS KMI2017 (2017) 075, DOI: 10.22323/1.294.0075
- ② Development of Large Crystal Size Nuclear Emulsion for Cosmic-ray Radiography, A. Nishio, M. Moto, Y. Manabe, K. Kuwabara, K. Morishima. PoS KMI2017 (2017) 057, DOI: 10.22323/1.294.0057
- ③ Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons K. Morishima (Nagoya U. (main)) et al. Nature 552 (2017) no.7685, 386-390 DOI: 10.1038/nature24647
- ④ Cosmic ray nuclei detection in the balloon borne nuclear emulsion gamma ray telescope flight in Australia (GRAINE 2015), A. Iyono et al. EPJ Web Conf. 145 (2017) 06003
- ⑤ First demonstration of an emulsion multi-stage shifter for accelerator neutrino experiments in J-PARC T60, K. Yamada et al. PTEP 2017 (2017) no.6, 063H02, DOI: 10.1093/ptep/ptx083
- ⑥ First neutrino event detection with nuclear emulsion at J-PARC neutrino beamline, T. Fukuda et al. PTEP 2017 (2017) no.6, 063C02, DOI: 10.1093/ptep/ptx077
- ⑦ The active muon shield in the SHiP experiment, SHiP Collaboration (A. Akmete et al.). JINST 12 (2017) no.05, P05011 DOI: 10.1088/1748-0221/12/05/P05011
- ⑧ Charge determination for high-z nucleus by fine grain nuclear emulsion, O. Sato, T. Naka, M. Yoshimoto, S. Tada, A. Ariga, T. Ariga, M. Vladymyrov, PoS KMI2017 (2017) 060, DOI: 10.22323/1.294.0060
- ⑨ Direction Sensitive Direct Dark Matter Search with Super-High Resolution Nuclear Emulsions, NEWSdm Collaboration (T. Naka for the collaboration). PoS KMI2017 (2017) 018, DOI: 10.22323/1.294.0018
- ⑩ The development of a super-fine-grained nuclear emulsion, Takashi Asada, Tatsuhiro Naka, Ken-ichi Kuwabara, Masahiro Yoshimoto. PTEP 2017 (2017) no.6, 063H01, DOI: 10.1093/ptep/ptx076
- ⑪ WIMP tracking with cryogenic nuclear emulsion, M. Kimura et al. Nucl. Instrum. Meth. A845 (2017) 373-377, DOI:

- 10.1016/j.nima.2016.06.052
- ⑫ Nuclear emulsions for dark matter detection, Tadaaki Tani, Tatsuhiro Naka. *Radiat.Meas.* 95 (2016) 31-36, DOI: 10.1016/j.radmeas.2016.10.004
- ⑬ Readout technologies for directional WIMP Dark Matter detection, J.B.R. Battat et al. *Phys.Rept.* 662 (2016) 1-46, DOI: 10.1016/j.physrep.2016.10.001
- ⑭ Development of a super-resolution optical microscope for directional dark matter search experiment, A. Alexandrov et al. *Nucl.Instrum.Meth.* A824 (2016) 600-602, DOI: 10.1016/j.nima.2015.09.044
- ⑮ GRAINE 2015, a balloon-borne emulsion γ -ray telescope experiment in Australia Satoru Takahashi et al. *PTEP* 2016 (2016) no. 7, 073F01.
- ⑯ Latest Developments in Nuclear Emulsion Technology, Kunihiro Morishima *Phys.Procedia* 80 (2015) 19-24, DOI: 10.1016/j.phpro.2015.11.082
- ⑰ Development of Nuclear Emulsion Detector for Muon Radiography, A. Nishio, K. Morishima, K. Kuwabara, M. Nakamura *Phys.Procedia* 80 (2015) 74-77, DOI: 10.1016/j.phpro.2015.11.084
- ⑱ Extra-large crystal emulsion detectors for future large-scale experiments, T. Ariga, A. Ariga, K. Kuwabara, K. Morishima, M. Moto, A. Nishio, P. Scampoli, M. Vladymyrov, *JINST* 11 (2016) no.03, P03003 DOI: 10.1088/1748-0221/11/03/P03003
- ⑲ Directional Dark Matter Search with the Fine Grained Nuclear Emulsion, Takashi Asada et al. *PoS KMI2013* (2014) 030, DOI: 10.22323/1.208.0030
- ⑳ Nuclear Emulsion Technology and Directional Dark Matter Study T. Naka, T. Asada, T. Katsuragawa, M. Yoshimoto, A. Umemoto, S. Furuya, S. Machii, M. Nakamura, T. Nakano, O. Sato, *PoS KMI2013* (2014) 017
- ㉑ Development of an automated nuclear emulsion analyzing system, K. Morishima, K. Hamada, R. Komatani, T. Nakano, K. Kodama, *Radiat.Meas.* 50 (2013) 237-240
- ㉒ Detector developing for directional dark matter search with nuclear emulsion, T. Asada, T. Naka, K. Kuwabara, T. Katsuragawa, M. Yoshimoto, K. Hakamata, M. Ishikawa, M. Nakamura, O. Sato, T. Nakano, *J.Phys.Conf.Ser.* 469 (2013) 012010 DOI: 10.1088/1742-6596/469/1/012010
- ㉓ Status and analysis system of directional dark matter search with

- nuclear emulsion, T. Katsuragawa, T. Naka, T. Asada, M. Yoshimoto, K. Hakamata, M. Ishikawa, *J.Phys.Conf.Ser.* 469 (2013) 012004, DOI: 10.1088/1742-6596/469/1/012004
- ㉔ Fine grained nuclear emulsion for higher resolution tracking detector T. Naka et al. *Nucl.Instrum.Meth.* A718 (2013) 519-521, DOI: 10.1016/j.nima.2012.11.106

〔学会発表〕(計 298 件)

国際会議(115 件)

- 1) Muographers2017, 2017/10/2,3, The Embassy of France, Tokyo, Japan. Cosmic Ray Radiography of the Pyramids with nuclear emulsion detector, Akira NISHIO
- 2) High-Energy Scattering at Zero degrees workshop, 26-29 Sep, 2017, Nagoya University, Nagoya, Japan. Measurements of Hadronic Interactions using Nuclear Emulsion, H. Rokujo
- 3) Exploring the Dark Universe, Quy Nhon, Vietnam, July 23-29, 2017. NEWSdm experiment - Direction Sensitive Dark Matter Search with Super-high Resolution Nuclear Emulsions, Tatsuhiro Naka
- 4) 35th International Cosmic Ray Conference, 12-20 July, 2017, Bexco, Busan, Korea.
 - ① Development of Analysis Method using GEANT4 for Cosmic Ray Radiography, M. Kuno
 - ② GRAINE balloon-borne experiment in 2015 : Observations with a high angular resolution gamma-ray telescope, H. Rokujo
- 5) NOP2017(International Conference on Neutron Optics), 5 - 8 July, 2017, Nara Kasugano International Forum, Nara, Japan. Development of High Spatial Resolution Cold/Ultra-Cold Neutron Detector Using Nano Imaging Tracker, Satomi Tada
- 6) ICMASS2017, September 29 - October 1, 2017, Nagoya University, Nagoya, Japan. ICMASS2017 Session3: Nuclear emulsion workshop for fundamental physics and applications (18 件、紙面の都合で詳細省略)
- 7) 11th International workshop on Neutrino-Nucleus Scattering in the Few-GeV Region (NuInt 2017), 25-30 June 2017, The Fields Institute, University of Toronto, Canada, NINJA Experiment, T. FUKUDA
- 8) State of the Nu-tion premeeting, 23-24 June 2017, The McLennan Physics building, University of Toronto, Canada, Particle ID with modern emulsion detectors, T. FUKUDA

- 9) CYGNUS 2017, Sixth International Workshop on Directional Detection of Dark Matter, Xichang, Sichuan, China, June 13~16, 2017, NEWSdm Nuclear Emulsions for WIMP Search- directional measurement, A. Umemoto
- 10) The 3rd KMI International Symposium on "Quest for the Origin of Particles and the Universe", Jan 5-7, 2017, Nagoya University, Nagoya, Japan (14件、紙面の都合で詳細省略)
- 11) International Workshop on Double Beta Decay and Underground Science (DBD16), November 8-10th, 2016, Osaka, Japan, NEWS : Nuclear Emulsions for WIMP Search, A. Umemoto
- 12) 8th International Topical Meeting on Neutron Radiography, (ITMNR-8), 北京大学 英杰交流中心, 2016年9月4~8日, Toward ultra-high resolution position sensitive neutron detector using fine-grained nuclear emulsion, N. Naganawa
- 13) The 14th International Workshop on Tau Lepton Physics (Tau2016), 18-23 September 2016, IHEP, Beijing, SHiP: a new facility with a dedicated detector for studying tau neutrino properties, M. Komatsu
- 14) Blois 2016: 28th Rencontres de Blois on "Particle Physics and Cosmology", May 29 - June 03, 2016, BLOIS France, NEWS: Nuclear Emulsions for WIMP Search M. Yoshimoto
- 15) Identification of Dark Matter (IDM2016), 2016 18-22 July 2016, Sheffield, UK, The Technical Improvements for NEWS Experiment, T. Asada
- 16) 19th International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions (ISVHECRI 2016), 22 - 27 August 2016 Moscow, Russia
 - ① GRAINE balloon experiment in 2015: Precise observation of cosmic gamma rays by high-resolution emulsion telescope, H. Rokujo
 - ② Latest Nuclear Emulsion Technology: Production, Readout, and Interaction Analysis, H. Rokujo
- 17) 18th International Workshop on Neutrino Factories and Future Neutrino Facilities (NUFACT2016), 26th August 2016, Quy Nhon, Vietnam
 - ① J-PARC T60: Precise measurement of neutrino-nucleus interactions with Nuclear Emulsion, T. Fukuda
 - ② Tau-neutrino production study at CERN SPS:Novel approach by the DsTau experiment, O. Sato
- 18) The XXVII International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, 4-9 July 2016, Royal Geographical Society in London, A review of progress in R&D for neutrino detectors, T. FUKUDA
- 19) Precision Physics, Fundamental Interactions and Structure of Matter Workshop : Probing Fundamental Symmetries and Interactions with UCN, 11-15 April 2016, JGU Mainz, Germany - Waldthausen Castle, Development of high position resolution neutron detector using fine-grained nuclear emulsion, N. NAGANAWA
- 20) 14th VIENNA CONFERENCE ON INSTRUMENTATION, 2016 Feb. 15-19, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, WIMP tracking with cryogenic nuclear emulsion, M. Kimura
- 21) ISETS' 15, 2015年11月27-29日, 名古屋大学 (13件、紙面の都合で詳細省略)
- 22) Symposium and Workshop on Muon- Optics -Geoneutrino-Radar and Photonics for Earth Studies, 2015年6月9日, Tokyo (3件、詳細省略)
- 23) Fifth workshop on directional detection of dark matter, Occidental College, L. A., CA 2-4 June 2015 (3件、詳細省略)
- 24) The 1st International Conference on Advanced Imaging (ICAI), 一橋メモリアルホール, 2015年6月17~19日, (6件紙面都合で詳細省略)
- 25) DBD2014, 2014 Oct. 5-7th, Hawaii Island, United States(International Workshop on "Double Beta Decay and Underground Science"), Directional Dark Matter Search Project with Super-High Resolution Nuclear Emulsions, Tatsuhiro Naka
- 26) 26th International Conference on Nuclear Tracks in Solids (ICNTS26), 15th-19th September 2014, Kobe, Japan (8件、詳細省略)
- 27) Pittcon Conference & Expo 2014, March 2 - 6, 2014 McCormick Place Chicago, IL USA, Automated Nuclear Emulsion Readout System and Its Applications, T. NAKANO
- 28) ISETS 2013, International Symposium on EcoTopia Science, December 13-15, 2013 Nagoya, Japan(14件、詳細省略)
- 29) KMI International Symposium 2013, Sakata-Hirata Hall, Nagoya University December 11-13, 2013, (3件、詳細省略)
- 30) The 12th Symposium on X-ray Imaging Optics, Osaka University Nakanoshima Center, Osaka, Japan 18-20 November 2013, Combined analysis between the hard X-ray microscope and optical microscope for the directional dark matter search with high

- resolution nuclear emulsion, T. Naka
- 31) Workshop on Nuclear Track Emulsion and its Future, Predeal, Romania 14-18 October 2013 (5件、詳細省略)
- 32) Muon and Neutrino Radiography, Tokyo, Japan July 25-26, 2013.
- ① Development of the nuclear emulsion readout system HTS and an application to muon tomography, M. Yoshimoto
- ② Development of the new nuclear emulsion detector for muon tomography, K. Morishima

国内学会 (183 件)

- 1) 日本物理学会 第73回年次大会 2018年3月22-25日, 東京理科大学 野田キャンパス (13件、詳細省略)
- 2) 画像関連学会連合会秋季大会, 2017年11月30日~12月2日, 京都工芸繊維大学 (10件、詳細省略)
- 3) 日本物理学会 2017年 年次大会・秋季, 2017/9/12-15, 宇都宮大学 峰キャンパス (10件、詳細省略)
- 4) 応用物理学会, 2017/9/5-8, 福岡国際会議場
- ①原子核乾板を用いたクフ王のピラミッドにおける宇宙線ラジオグラフィ, 久野光慧
- ②宇宙線ラジオグラフィのための高角度分解能原子核乾板の開発, 眞部祐太
- 5) 日本物理学会 2017年 年次大会, 2017年3月17~20日, 大阪大学豊中キャンパス (14件、詳細省略)
- 6) 画像関連学会連合会秋季大会, 2016年11月17~18日, 京都工芸繊維大学 (10件、詳細省略)
- 7) 日本火山学会 2016年度秋季大会, 2016年10月12~16日, 富士吉田市民会館・ふじさんホール, 宇宙線ラジオグラフィによる火山観測にむけた原子核乾板検出器の開発, 西尾晃
- 8) 応用物理学会, 2016/9/13~16, 新潟 朱鷺メッセ, 原子核乾板を用いた宇宙線ラジオグラフィ: ピラミッド内部透視, 久野光慧
- 9) 日本物理学会 2016年秋季大会, 2016年9月21~24日, 宮崎大学 木花キャンパス (18件、詳細省略)
- 10) 日本写真学会年次大会, 2016年6月8~9日, 東京工業大学すずかけ台キャンパス (10件、詳細省略)
- 11) 日本物理学会年次大会, 2016年3月19-22日, 東北学院大学, 仙台 (15件、詳細省略)
- 12) 画像関連学会連合会 第二回秋季大会, 2015年11月19, 20日, 京都工芸繊維大学 (7件、詳細省略)
- 13) 日本物理学会 2015年秋季大会, 大阪市立大学 2015年9月25~28日 (11件、詳細省略)

- 14) 日本地球惑星科学連合大会, 2015年5月, 千葉, 原子核乾板を用いた宇宙線ミュオンラジオグラフィによる火山観測技術の開発, 西尾 晃
- 15) 日本物理学会第70回年次大会, 早稲田大学 早稲田キャンパス, 2015年3月21~24日 (7件、詳細省略)
- 16) 画像関連学会連合会第一回秋季合同大会 (1st Meeting of Federation of Imaging Societies 2014), 2014年11月20・21日, 京都工芸繊維大学 (11件、詳細省略)
- 17) 日本物理学会 2014年秋季大会, 2014年9月18~21日, 佐賀大学 本庄キャンパス (7件、詳細省略)
- の開発, 長縄直崇
- 18) 日本文化財科学会第31回大会 (奈良大会), 奈良教育大学, 2014年7月5・6日, 宇宙線ミュオンによる古墳埋葬施設の解析 (An analysis of burial facilities of Kofun mounded tombs by cosmic rays: μ (muon)), 石黒勝己 (ほか)
- 19) 2014年度 (一社) 日本写真学会年次大会 2014年5月26・27日, 千葉大学けやき会館 (9件、詳細省略)
- 20) 日本物理学会第69回年次大会, 東海大学 湘南キャンパス, 2014年3月27~30日 (11件、詳細省略)
- 21) 2013年度 (一社) 日本写真学会 秋季研究発表会, 2013年11月28日, 京都工芸繊維大学 (9件、詳細省略)
- 22) 日本物理学会 2013年秋季大会, 高知大学 (朝倉キャンパス), 2013年9月20~23日 (5件、詳細省略)

〔その他〕

ホームページ等

名古屋大学 F 研究室ホームページ
<http://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村光廣 (NAKAMURA Mitsuhiro)
 名古屋大学・未来材料・システム研究所
 教授 研究者番号: 90183889

(2) 研究分担者

佐藤 修 (SATO Osamu)
 名古屋大学・エコトピア科学研究所・助教
 研究者番号: 20377964

青木茂樹 (AOKI Shigeki)
 神戸大学・大学院・人間発達環境学研究所・教授
 研究者番号: 80211689

渋谷 寛 (SHBUYA Hiroshi)
 東邦大学・理学部・教授
 研究者番号: 40170922