

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：15301

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2009～2014

課題番号：21104001

研究課題名(和文)原子が切り拓く極限量子の世界

研究課題名(英文)Extreme Quantum World Opened Up by Atoms

研究代表者

笹尾 登(SASAO, NOBORU)

岡山大学・その他部局等・教授

研究者番号：10115850

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 52,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、新学術領域全体「原子が切り開く極限量子の世界」の目標達成を促進するため以下の活動を行った。総括班会議を定期的で開催し(総計21回開催)各計画研究の進行状況を監督、必要に応じて評価・助言活動を行った。また理論・技術面から領域全体の方向づけを行った。総括班の監督のもとに国際会議「Fundamental Physics using Atoms」を毎年開催し(第4から第7回)、そのプロシーディングスを発刊した。異分野の共同協力を更に推し進めるため、研究者ネットワークの発展拡大を図った。全ての成果をウェブや紙・電子媒体を活用して、広く国内外へ発信した。

研究成果の概要(英文)：The present research has conducted the following activities to promote the goals of “Extreme quantum world opened up by atoms-towards establishing comprehensive picture of the universe based on particle physics” (Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas). The steering committee meetings were held regularly (21 meetings in total) throughout the whole research period. The steering committee oversaw the progress of each research project and made advices whenever needed. The steering committee directed the research path of the area from the theoretical and technical view point. The steering committee sponsored annually the international workshop “Fundamental Physics using Atoms” (No4-No7) and published the proceedings. Network between researchers of various fields was established for promoting interdisciplinary researches. All research results were published at home and abroad through internet, paper, and digital media.

研究分野：高エネルギー物理学

キーワード：ニュートリノ質量 電気双極子能率 微細構造定数時間変化

1. 研究開始当初の背景

本学術領域「原子が切り拓く極限量子の世界」の目指す究極目標は、原子物理・量子光学の発展を、宇宙・素粒子物理学に融合させ、新たな基礎物理学の創出に結びつけることにある。この目標の背景には、以下に述べる研究分野の急速な進展が関わっている。素粒子の世界では標準模型の確立により、100 GeV以下の限定はあるものの、その性質やダイナミクスの全容が解明された。(唯一残っていたヒッグス粒子も2014年に発見されている。) また宇宙論に目を向けると、ビッグバンと呼ばれる大爆発に始まり、陽子・中性子や軽原子核が作られ、やがて原子を生み、そして星や銀河に成長するという、その130億年余の壮大な歴史過程が膨大な観測や実験事実に基づいた理論をもって描けるようになった。一方、原子物理・量子光学の発展もめざましいものがある。最近の10年余をとっても、レーザー冷却と原子捕捉(1997年)、ボーズ・アインシュタイン凝縮(2001年)、光周波数コム技術(2005年)などの研究業績に対してノーベル賞が授与されており、この分野の著しい進捗状況を垣間見ることができる。これらの学術的背景の下、本領域に於いては各計画研究の目標が設定され研究が遂行された。

2. 研究の目的

本研究の目的は、学術領域「原子が切り拓く極限量子の世界」の成果をとりまとめることにある。既に述べた用に、学術領域自体の目標は原子物理・量子光学の発展を宇宙・素粒子物理学に融合させ、新たな基礎物理学の創出に結びつけることにある。より具体的には、以下の課題について、解決の糸口を得ることを目標としている。

「計画研究A：原子ニュートリノの検出」

本研究では、原子からの光随伴ニュートリノ対生成過程を利用し、ニュートリノ質量分光(即ち、質量絶対値の決定・マヨナラ/ディラック質量形式の弁別・CP非保存位相の測定等)の道を拓く。この目的のため、我が国発信の新原理「マクロコヒーレンス増幅機構」を確立し、利用する。この増幅機構は、励起された原子(または分子、以下同様)が、一光子+ニュートリノ対など複数の粒子を伴って脱励起する際、ある位相条件(運動量保存と等価)が実現されると、超放射に似た、しかしより巨大な協同現象が生じ、単位時間当たりの強度が原子数の二乗に比例する現象を言う。これにより巨大な増幅率が期待される。「マクロコヒーレント増幅機構」は、原子を用いたニュートリノ質量分光の研究を進めるに当たり、鍵を握るコンセプトである。計画研究[A01]の研究目標は、この新しい増幅機構の原理を二光子対超放射過程により実

証すると共にニュートリノ質量分光に向け、様々な研究を進めることを目標としている。また計画研究[A02]の研究目標は、量子干渉性の優れたナノ空間貯蔵標的を開発することにある。前者の性質は「マクロコヒーレント増幅」を実現する上で本質的であり、また後者の要請はニュートリノ対放射を観測する上でアボガドロ数に迫る標的数が必須となることから生ずる。このために、標的原子・分子のナノ空間への大量貯蔵法を開発し、量子干渉性に優れた標的集団の励起法を確立する。

「計画研究B：永久電気双極子能率の測定」
素粒子の標準理論が要求する最後の粒子、Higgs粒子の発見により、素粒子物理学は文字通り新しい段階に突入している。即ち、標準理論から逸脱する現象を発見することが焦眉の課題と言って良い。電気双極子能率(EDM)は、標準理論において極めて小さな値しかもち得ないため、近未来に有限な値が確立すれば、それは直ちに標準模型を超える物理の直接的存在証拠となる。計画研究(B01)では、 ^{129}Xe 原子の EDM を現在の実験的上限値の2桁下の領域まで探索することを目指す。これにより、実験感度は超対称性理論の予想領域に大きく侵入し、その意義は極めて大きい。また計画研究(B02)では、電子 EDM 増幅度が最大(~1000倍)である放射性元素フランシウムを用いて、現在の実験的上限值($< 10^{-26} \text{ e} \cdot \text{cm}$)を1桁上回る測定技術の確立をめざす。電子(B02)およびクォーク(B01)の結果を合わせることで、大統一理論や超対称性模型の具体を詳細に規定することも可能となる。

「計画研究C：微細構造定数の時間変化測定」
計画研究C01では、元素や種類の異なる単一イオン光時計を3種類構築し、それらの周波数比の時間変化を測定して微細構造定数の時間変化を探索する。具体的には Yb^+ と Ba^+ の時計遷移に対して測定を行う。に対する感度が異なる2つの時計遷移をもつ Yb^+ では、同一のイオンで異なる2種類の遷移を比較して重力場の周波数シフトを除外し、精度10-18位の測定を目指す。また、 Ba^+ を含む3種類の遷移の比較によって他の物理定数の時間変化についても探索を可能にする。時間標準の精密化は暗黒エネルギー解明の糸口となるとともに、物理研究や現実生活に大きなインパクトを与えよう。

「計画研究X00：総括班」

総括班は、計画研究の代表者・分担者と計画研究には参加しない評価・助言者から構成されおり、本領域が統一的・有機的に研究を遂行することを担保する「要」となる組織である。特に、(i) 標準理論を越える新たな素粒子の宇宙像の創出、(ii) 量子光学が切り拓いた実験技術の融合と進化、(iii) 異分野

(特に化学分野)との融合による各計画研究の進展と新しい分野の開拓などの視点に配慮しつつ、領域全体の目標達成を促進することを目標としている。より具体的には、次の3つの視点から活動を行った。

- 1) 各計画研究の進行状況を監督し、必要に応じて評価・助言をする。
- 2) 特に、理論・技術面から領域全体の方向づけを図る。
- 3) 学会及び社会からの要望を受取り、また逆に成果を発信する。

3. 研究の方法

新学術領域「原子が切り拓く極限量子の世界」の成果を、(i)物理的視点、(ii)技術的視点、(iii)異分野融合の各視点から、様々な手法(定期会議、国際 workshop 等)や媒体(出版、Web 等電子媒体)を駆使してとりまとめを行う。

より具体的には、

(i) (物理的視点) 標準理論を越える新たな素粒子的宇宙像の創出を目指し成果を纏める。3つの計画研究により、高エネルギー加速器実験では得ることの出来ない結果が得られつつある。これらの成果を持ち寄り、標準模型を越える素粒子理論や新たな素粒子的宇宙像を導き出す手掛かりとしたい。

(ii) (技術的視点) 実験技術の融合と進化をまとめ新たな研究創造の起点とする。各計画研究はいずれも原子物理・量子光学のもたらした最新技術を駆使し基礎物理の進展を目指しており、何らかの技術的ブレークスルーを必要不可欠としている。例えば、C01 では超狭線幅レーザーを必須とし、これに成功した。A01 では heat-pipe oven の技術が開発され、B02 でも活用された。こうした成果を持ち寄り、新たな研究創造の起点としたい。

(iii) (異分野融合の視点) 異分野(特に化学分野)融合の成果を確かなものにする。

当該新学術領域は、素粒子・原子核や原子・量子光学の研究分野の融合のみならず、化学との融合を必須条件としていた。典型的には A01 と A02 の計画研究である。後者が「ナノ空間貯蔵標的」を作成し、前者がそれを用いて「マクロコヒーラント増幅機構」の実証実験を遂行する、という共同協力関係を構築してきた。また B02 ではフェッシュバハ共鳴を用いた分子間力の制御を行い、化学の最先端分野である極性分子の生成にも挑戦して成果を挙げつつある。こうして生まれた異分野研究者ネットワークを核に新しい創造的研究に結びつける努力を行う。

4. 研究成果

本研究による成果は以下の通りである。

(a) 総括班を維持し、緊密な連携の下に各計画研究を継続し、成果の発信及びとりまとめ作業を行った。総括班会議は、総計 21 回開

催された(年平均 4 回以上)。総括班会議では、必ず各計画研究の進捗状況が発表され、それに基づいた質疑応答が行われた。この間互いの計画に対する理解が深まり、活発でレベルの高い議論も可能になってきた。また定期会合時に各計画研究の実験現場を公開することを義務づけ、実験の具体的進捗状況が直接的に把握されるよう工夫されている。この方針は、研究を監督・助言を行うのに効果的であると同時に、実験技術の双方向的レベルアップに役立った。

(b) 「Fundamental Physics using Atoms」(国際会議)を開催し、そのプロシーディングスを総括班の監督のもとに発刊した。「Fundamental Physics Using Atoms」(下表参照)は、領域の発足前から開催されているもので、2014年3月には第7回の会合が東京で開催された。各年の参加者は外国からの招待者も含め 100~120 名程度であり、会議の知名度もこの間大幅に上がった。日本での様々な研究活動の交流の起点となるばかりでなく、外国への発信と逆に外国での活動を知る良い機会となっている。

表 1: 「Fundamental Physics Using Atoms」

回	開催日時	開催場所
第 3 回	2009/8/4-5	東京工業大学
第 4 回	2010/8/7-9	大阪大学(豊中)
第 5 回	2011/10/8-10	岡山大学(津島)
第 6 回	2012/9/28-30	東北大学(青葉山)
第 7 回	2014/3/14-16	科学未来館(東京)

(c) 異分野の共同協力を更に推し進めるため、研究者ネットワークの発展拡大を図った。原子物理学と素粒子原子核物理学の融合は、最も象徴的に計画研究 A(原子物理と素粒子物理)や計画研究 B(原子核と量子光学)に現れている。計画研究 A01/A02 では、量子干渉性の優れた分子標的がニュートリノ質量分光用標的となる。このような状況から、化学研究者との共同研究を元に共著論文を出版した。計画研究 B01/B02 では、極性分子・冷却分子を使った EDM 研究が脚光を浴びており、今後共 EDM 研究を主導していくと予想される。このような観点から、B02 においては冷却分子の研究を平行して行った。この方向性は、特に公募研究に顕著に表れた。日本に於ける冷却分子や極性分子の研究は、残念ながら諸外国に比較し立ち後れているが、本領域の計画研究や公募研究は化学界を含めた当該分野進展の原動力となった。物理学会の年會に於いて、関連研究者と共に、シンポジウム「光と原子を使った基礎物理学」を企画した。全ての成果は、ウェブや紙・電子媒体を活用して、広く国内外へ発信した。

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 130 件)

M.Tashiro, N.Sasao(7 名中 5 番目)
“ Iodine molecule for neutrino mass spectroscopy: ab initio calculation of spectral rate ” Progress of Theoretical and Experimental Physics, 査読有, Vol.2014(2014), pp.013B02 (1-21), 10.1093/ptep/ptt118
H.Kawamura, Y.Sakemi(25 名中 25 番目)
“ Search for a permanent EDM using laser cooled radioactive atom ” EPJ Web of Conferences, 査読有, Vol.66(2014), pp.05009, 10.1051/epjconf/20146605009
H.Arikawa, Y.Sakemi(25 名中 25 番目)
“ Radioactive ion beam transportation for the fundamental symmetry study with laser trapped atoms ” Rev. Sci. Instrum., 査読有, Vol.85(2014), pp.02A732, 10.1063/1.4852218
M.Kajita, 他 4 名 “ Test of mp/me changes using vibrational transitions in N_2^+ ” Phys.Rev.A, 査読有, Vol.89(2014), pp.032509(1-6), 10.1103/PhysRevA.89.032509
C.Ohae, N.Sasao(13人中8番目)
“ Production of Ba Metastable State via Super-Radiance ” Journal of the Physical Society of Japan, 査読有, Vol.83(2014), pp.044301(1-9), 10.7566/JPSJ.83.044301
M.Yoshimura and N.Sasao “ Radiative emission of neutrino pair from nucleus and inner core electrons in heavy atoms ” Physical Review D, 査読有, Vol.89(2014), pp.053013(1-8), 10.1103/PhysRevD.89.053013
T. Inoue, Y.Sakemi(26 名中 26 番目),
“ Experimental search for the electron electric dipole moment with laser cooled francium atoms ” Hyperfine Interactions, 査読有, Vol.231(2014), pp.157-162, 10.1007/s10751-014-1100-1
Utako Tanaka, 他3名 “ Design of a surface electrode trap for parallel ion strings ” Journal of Physics B: Atomic Molecular and Optical Physics, 査読有, Vol.47(2014), pp.035301(1-7), 10.1088/0953-4075/47/3/035301
S.Kuma, N.Sasao(5名中4番目) “ 4.8 μm difference-frequency generation using a waveguide-PPLN crystal and its application to mid-infrared Lamb-dip spectroscopy ” Opt.Lett., 査読有, Vol.38(2013), pp.2825-2828, 10.1364/OL.38.002825
T. Inoue, K.Asahi(17名中17番目)
“ Nuclear spin maser and experimental search for ^{129}Xe atomic EDM ” Hyperfine Interactions, 査読有,

Vol.220(2013), pp.59-63, 10.1007/s10751-012-0751-z
D.N.Dinh, N.Sasao(5名中3番目)
“ Observables in Neutrino Mass Spectroscopy Using Atoms ” Physics Letters B, 査読有, Vol.719 (2013), pp.154-163, 10.1016/j.physletb.2013.01.015
H.Ito, M.Kajita(5名中4番目) “ Terahertz frequency counter with uncertainty at the 10^{-17} level ” Appl.Phys.Exp., 査読有, Vol.6(2013), pp.102202(1-3), 10.7567/APEX.6.102202
S.Kuma, N.Sasao(14 名中 7 番目)
“ Coherence decay measurement of $v = 2$ vibrons in solid parahydrogen ” J. Chem. Phys, 査読有, Vol.138 (2013), pp.024507(1-6), 10.1063/1.4773893
K.Matsubara, M.Kajita(10 名中 7 番目)
“ Direct comparison of a Ca^+ single-ion clock against a Sr lattice clock to verify the absolute frequency measurement ” Opt.Express, 査読有, Vol.20(2012), pp.22034-22041 10.1364/OE.20.022034
M.Yoshimura, N.Sasao(3 名中 2 番目)
“ Dynamics of two-photon paired superradiance ” Phys Rev A., 査読有, Vol.86(2012), pp.013812(1-14), 10.1103/PhysRevA.86.013812
A.Fukumi, N.Sasao (15 名中 8 番目)
“ Neutrino Spectroscopy with Atoms and Molecules ” Prog. Theor. Exp. Phys., 査読有, Vol.2012(2012), pp.04D002(1-79), 10.1093/ptep/pts066
T.Amano, K.Kawaguchi(6名中6番目) “ THz rotational spectrum of H_2F^+ ” J. Chem. Phys., 査読有 Vol.137(2012) pp.134308(1-6), 10.1063/1.4757018
T.Fukuyama “ Searching for new physics beyond the Standard Model in electric dipole moment ” Int.J.Mod.Phys.A, 査読有, Vol.27(2012), pp.1230015, 75 pages, 10.1142/S0217751X12300153
A.Yoshimi, K.Asahi(14 名中 14 番目)
“ Low-frequency ^{129}Xe nuclear spin oscillator with optical spin detection ” Physics Letters A., 査読有, Vol. 376 (2012) pp.1924-1929, 10.1016/j.physleta.2012.04.043
T.Aoki, Y.Sakemi(6 名中 5 番目) “ A 461 nm Laser System and Hollow-Cathode Lamp Spectroscopy for Magneto-Optical Trapping of Sr Atoms ” J.Phys.Soc.Jpn. 査読有, Vol.81(2012), pp.34401(1-5), 10.1143/JPSJ.81.034401
② H.Kawamura, Y.Sakemi(21 名中 21 番目)
“ Search for permanent EDM using laser cooled Fr atoms ” Hyperfine

- Interactions, 査読有, Vol.214 (2012), pp.133-139, 10.1007/s10751-013-0788-7
- ②② Geetha Gopakumar, Masatoshi Kajita(4名中3番目) “Ab initio study of permanent electric dipole moment and radiative lifetimes of alkaline-earth-metal Li molecules” Phys.Rev.A, 査読有, Vol.84(2011), pp.062514(1-7), 10.1016/j.cpllett.2011.11.048
- ②③ Masatoshi Kajita,他3名 “Elimination of the Stark shift from the vibrational transition frequency of optically trapped ^{174}Yb 6Li molecules” Phys.Rev.A, 査読有, Vol.84(2011), pp.022507(1-6), 10.1103/PhysRevA.84.022507
- ②④ S Civiš, K Kawaguchi(6名中5番目) “Time-resolved FTIR emission spectroscopy of Cu in the 1800-3800 cm^{-1} region: transitions involving f and g states and oscillator strengths” 査読有 J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys., Vol.44 (2011)pp.25002 (7pp), 10.1088/0953-4075/44/2/025002
- ②⑤ S.Civiš, K.Kawaguchi(6名中5番目) “Low-excited f-, g- and h-states in Au, Ag and Cu observed by Fourier-transform infrared spectroscopy in the 1000-7500 cm^{-1} region” J.Phys.B:At.Mol.Opt.Phys., 査読有, Vol.44(2011), pp.105002, 10.1088/0953-4075/44/10/105002
- ②⑥ K.Kawaguchi,他5名 “Fourier Transform Infrared spectroscopy of the ν_3 hot band of O_3 ” J.Mol.Spectrosc., 査読有, Vol.268 (2011), pp.85-92 10.1016/j.jms.2011.04.003
- ②⑦ A.Yoshimi, K.Asahi (9名中9番目) “Development of NMOR magnetometer for spin-maser EDM experiment” Physics Procedia, 査読有, Vol.17(2011), pp.245-250, 10.1016/j.phpro.2011.06.043
- ②⑧ T.Inoue,K.Asahi(10名中10番目) “Experimental search for ^{129}Xe atomic EDM with nuclear spin maser technique” Physics Procedia, 査読有, Vol.17(2011), pp.100-103, 10.1016/j.phpro.2011.06.024
- ②⑨ T.Inoue, K.Asahi(9名中9番) “Frequency characteristics of a nuclear spin maser for the search for the electric dipole moment of ^{129}Xe atom” Physica E (2011), 査読有, Vol.43, pp.847-850 10.1016/j.physe.2010.07.066
- ③⑩ Y.Sakemi, 他18名 “Search for a permanent EDM using laser cooled radioactive atom” J.Phys.Conf.Ser., 査読有, Vol.302(2011), pp.012051(1-6), 10.1088/1742-6596/302/1/012051
- ③⑪ Y.Onoda, K.Sugiyama and M.Kitano “ Selective Detection of Minor Isotope Lines in Saturated Absorption Spectra by Absorption Filtering of Major Isotope Lines ” Optical Review, 査読有, Vol.18 (2011) pp.365-366, 10.1007/s10043-011-0070-7
- ③⑫ Y.Onoda, K.Sugiyama (4名中2番目) 他2名 “Loading Rate of Yb^+ Loaded through Photoionization in Radiofrequency Ion Trap ” Applied Physics B, 査読有, Vol.105 (2011), pp.729-740, 10.1007/s00340-011-4576-2
- ③⑬ K.Toriyama, A.Oguchi and A.Morinaga “Dynamical manifestation of an evolving Berry phase as a frequency shift of the resonance transition between two eigenstates” Physical Review A, 査読有, Vol.84(2011), pp.062103(1-4) 10.1103/PhysRevA.84.062103
- ③⑭ H.Kobayashi, K.Sugiyama(5名中4番目) “Observation of geometric phases in quantum erasers” Journal of Physical Society of Japan, 査読有, Vol.80 (2011), pp.034401(1-6), 0.1143/JPSJ.80.034401
- ③⑮ T.Ishiwata, K.Kawaguchi(5名中3番目) “Analyses of the infrared absorption bands of $^{15}\text{NO}_3$ in the 1850-3150 cm^{-1} region” J.Phys.Chem.A, 査読有, Vol.114(2010), pp.980-986, 10.1021/jp908386n
- ③⑯ K.Sugiyama, 他4名 “Sum-frequency mixing of radiation from two extended-cavity laser diodes using a doubly resonant external cavity for laser cooling of trapped ytterbium ions” Applied Optics, 査読有, Vol.49(2010), pp.5510-5516, 10.1364/AO.49.005510

[学会発表](計327件)

- K.Sugiyama “Development of single ytterbium- and barium-ion optical clocks towards search for temporal variation of the fine constant”(招待講演) 7th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms, 2014年3月16日, 日本科学未来館(東京都江東区)
- Y.Ichikawa “Search for electric dipole moment of ^{129}Xe using active nuclear spin maser”(招待講演) 7th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms, 2014年3月15日, 日本科学未来館(東京都江東区)
- Y.Sakemi “Search for a permanent EDM with radioactive atoms”(招待講演) 3rd workshop on the physics of fundamental symmetries and

interactions at low energies and the precision frontier : PSI2013, Sep.9-13,2013, Villigen, Switzerland
M.Kajita “Test of Variation in mp/me using 40Ca^{H} Molecular Ions in a String Crystal” 68th International Symposium on Molecular Spectroscopy, Jun.17-21,2013, Columbus, Ohio(USA)
M.Chikamori “ ^3He comagnetometer in ^{129}Xe active spin maser for EDM measurement” (招待講演), An ICTS Program on CP Violation in Elementary Particles and Composite Systems, Feb. 19-23,2013, Mahabaleshwar(India)
M.Yoshimura
“Neutrino mass spectroscopy using atoms/molecules”(招待講演) NuMass2013, Feb.5,2013,Milan(Italy)
T.Inoue “Search for electron EDM with laser cooled radioactive atom”(招待講演)The 8th China-Japan joint nuclear physics symposium, Oct.15-19,2012, 北京(中国)
K.Asahi “Search for Electric Dipole Moment in ^{129}Xe Atom Using a Nuclear Spin Oscillator” The 20th International Symposium on Spin Physics (SPIN2012), Sep.17-22, 2012, Dubna(Russia)
田中歌子 “量子インターフェースとしてのイオントラップの展望”(招待講演), FIRST-QIPP 夏期研修会 2012, 2012年8月10日,宮古島(沖縄県)
K.Harada “Development of a double MOT system and spectroscopy of iodine molecule at 718nm toward the electron EDM measurement” The 23rd International conference on Atomic Physics ICAP2012, Jul.23-27,2012, Palaiseau(France)
K.Kawamura “Search for electron EDM in laser-cooled francium factory” 5th International Symposium on Symmetries in Subatomic Physics : SSP2012, Jun.18-22,2012, フローニンゲン(オランダ)
N.Sasao “Neutrino spectroscopy with atoms”(招待講演) The 25th International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, 2012年6月3日-9日,京都テルサ(京都府京都市)
N.Sasao “From paired super-radiance to neutrino mass spectroscopy using atoms” XIV International Workshop on “Neutrino Telescopes” March 15-18, 2011,Venice(Italy)
K.Asahi “Search for an EDM in the Xe-129 atom”(招待講演)ECT Workshop on Violations of Discrete Symmetries in Atoms and Nuclei, Nov.15-19,2010, Trento(Italy)

〔図書〕(計2件)

〔その他〕

ホームページ

<http://xqw.hep.okayama-u.ac.jp/kakenhi/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

笹尾 登 (SASAO NOBORU)

岡山大学・極限量子研究コア・特任教授

研究者番号 : 10115850

(2)研究分担者

中野 逸夫 (NAKANO ITSUO)

(平成21~23年度)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号 : 90133024

吉村 太彦 (YOSHIMURA MOTOHIKO)

(平成21~23年度)

岡山大学・理学部・特任教授

研究者番号 : 70108447

川口 建太郎 (KAWAGUCHI KENTAROU)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号 : 40158861

旭 耕一郎 (ASAHI KOICHIRO)

東京工業大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号 : 80114354

酒見 泰寛 (SAKEMI YASUHIRO)

東北大学・サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター・教授

研究者番号 : 90251602

杉山 和彦 (SUGIYAMA KAZUHIKO)

京都大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号 : 10335193

(3)連携研究者

藪崎 努 (YABUZAKI TSUTOMU)

京都大学・名誉教授

研究者番号 : 60026127

福山 武志 (FUKUYAMA TAKESHI)

大阪大学・核物理研究センター・協同研究員

研究者番号 : 40167622

田中 実 (TANAKA MINORU)

大阪大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号 : 70273729

志田 忠正 (SHIDA TADAMASA)

京都大学・名誉教授

研究者番号 : 60025484

梶田 雅稔 (KAJITA MASATOSHI)

情報通信研究機構・主任研究員

研究者番号 : 50359030