

令和元年5月30日現在

機関番号：11301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2014～2018

課題番号：26104001

研究課題名（和文）宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究

研究課題名（英文）Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research

研究代表者

井上 邦雄（Inoue, Kunio）

東北大学・ニュートリノ科学研究センター・教授

研究者番号：10242166

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 22,100,000円

研究成果の概要（和文）：神岡地下の素粒子原子核研究が極低放射能を共通基盤として連携し、素粒子的宇宙像理論で橋渡しすることで、宇宙の歴史を系統的に解き明かしてきた。総括班は密接な運営会議・総括班会議によって連携を強く促進できた。特に極低バックグラウンド技術を共有化できたことで、各実験的研究が大幅に進展し世界をリードする成果をあげることができた。同時に、広い分野にまたがった研究対象を共通の技術や関心で取りまとめ新たな領域を定義できたことで、人材の流動性やキャリアパスの増加を生み出すことができた。国内・国際研究会を多数開催し、チュートリアルやパネルディスカッションなども企画することで、領域外も含めた連携を促進できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

共通基盤と系統的な理論で地下での素粒子原子核研究が連携することで、個別に研究を進めるのと比較して遥かに効率的に相乗効果を生み出し、それぞれの研究で世界をリードする成果をあげることができた。広い分野にまたがっていた研究課題を新しい切り口で共通の技術や興味としてまとめたことで、新たな学際フロンティアを開拓するとともに、人材の流動性やキャリアパスの広がりにも寄与した。

研究成果の概要（英文）：In this activity, the experimental projects located at Kamioka underground have cooperated on the common basis of ultra-low radioactivity techniques and science among them has been bridged by particle cosmology theories aiming at revealing the history of the universe. We have successfully promoted varieties of close collaborations through the frequent operational/executive meetings. At the same time, the newly defined our science area, originally spread in diverse fields, has organized common technologies and interests. Consequently, mobility and career path of young researchers have been increased. We have held many domestic/international conferences with new events such as tutorial and panel discussion and we developed many collaborations and interdisciplinary researches within/beyond our innovative area.

研究分野：ニュートリノ実験

キーワード：極低放射能 二重ベータ崩壊 暗黒物質 超新星ニュートリノ 右巻きニュートリノ

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

#### 1. 研究開始当初の背景

神岡地下素粒子原子核実験は、小柴氏のノーベル賞に繋がった Kamiokande 実験以降、Super-Kamiokande 実験 (SK) や KamLAND 実験を擁し、大気・太陽・加速器・原子炉からのニュートリノ振動実験、超新星・太陽・地球などの天体ニュートリノ観測で世界第一線の成果を上げ続けている。更に次の目標として、ニュートリノレス二重ベータ崩壊探索によるニュートリノのマヨラナ性の検証、暗黒物質の直接探索、超新星背景ニュートリノや超新星前兆ニュートリノ探索など次の大発見を狙う実験も進行中である。しかし、これらの研究テーマは、中規模の装置で大発見が期待できることから、世界中で激しい競争となっている。そこで、これまでの各グループが個々に続けてきた研究を、極低放射能研究を核として、新たに組織的な連携体制を構築し、それによって、我が国の地下素粒子原子核研究の更なる進化が望まれていた。

#### 2. 研究の目的

本新学術領域は、神岡をはじめとする地下において個々に行われていた実験の総力を結集し、「宇宙初期の物質粒子生成」、「軽いニュートリノの謎」、「暗黒物質の謎」、「星形成の歴史」、「現在の天体活動」などを直接的に究明し、その結果、宇宙の各時代、各重要過程の理解を紡ぐことで、一連の宇宙の歴史をひもとくことを目的としている。

#### 3. 研究の方法

本領域では、地下素粒子原子核研究が共通課題とする極低放射能技術の共有化・発展させるための相補的・相乗的関係の体制を構築すること、また、領域内の各テーマを串刺しにする理論的研究との協働の促進することが非常に重要である。さらに、長期的視点に立った人材育成、個々の研究促進支援も必須である。

総括班では、これらを推進するために、毎月の運営会議、隔月の総括班会議を開催し、各実験間、各研究間での協働と分野の活性化を図る。

#### 4. 研究成果

地下素粒子原子核研究の実験代表者を内包する運営会議を合計 44 回、領域内の計画研究の代表者らによって構成される総括班会議を合計 18 回開催した（運営会議と総括班会議を兼ねた会議も含む）。これらの会議によって、領域内の極低バックグラウンド技術の共有化と発展を促進すると共に、個々の研究へのアドバイス・協働体制の推進をタイムリーに行うことで、領域の発展が進み、各計画班では世界をリードする大きな成果を多数生み出した。D01 班の活動も合わせて技術やノウハウの共通化が進むとともに、計画班間の装置の有効活用が大いに進んだ。また、技術や関心の共有によって人材の流動性が高まり、若手のキャリアパスも拡大した。国際連携が進む中でも、国際共同研究の経験を生かしたアドバイスがなされ、有効かつ戦略的な国際連携として、「世界に打って出る」「世界を呼び込む」「世界で協働する」国際連携が育った。

さらに、領域内の若手研究者が若手研究連絡会を発足させ、この活動から若手研究会が、若手の自主的な活動として行われる運びとなった。これは領域の活性化が進んだ顕著な例として挙げることが出来る。総括班ではこれらの若手活動を積極的に応援した。若手活動の一例として地下での環境中性子測定が多様な手法と多くの大学、計画班関係者の参加で実施され、論文発表も実現した。

領域全体の会議を 5 回主催（内 2 回は国際会議）し毎回 120 名程度の参加者を集めた。また、極低放射能技術に関する 5 回の研究会（計画研究 D 班主催）を全面的に支援するなど、研究発表と分野間連携を促した。領域研究会は国際的にも重要な会議として認知され、国際会議ではニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索や暗黒物質探索での最新結果が世界で最初に報告されることも度々あった。また、分野の将来の方向を議論し共有化するためのパネルディスカッションも領域研究会に盛り込み、特にニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索において分野の方向性の醸成に大きな影響を与えた。



第5回領域（国際）会議（開催地：仙台）の様子

また、領域内で企画された各種研究会（超新星ニュートリノ研究会、若手チュートリアルなど）を支援した。特に若手チュートリアルは好評で、若手育成に貢献するとともに、教員の他分野への理解を深め連携に対する視野を広げることにも貢献できた。この成功を受け、領域内の各種研究会では、総括班がチュートリアル講演の導入を促す等、機動的・効果的な領域運営を行うことができた。

また、領域内に留まらず、「重力波天体」「中性子星物質」そして「地下素核」の3つの新学術領域が合同でシンポジウムを開催し、成果の波及、周辺分野との協調を促進することができたほか、二重ベータ崩壊に関する国際会議 DBD の隔年の共催や方向感度を持つ暗黒物質に関する国際会議 CYGNUS の毎年の開催にも貢献し、国際連携を促進してきた。

#### 5. 主な発表論文等

総括班は、領域内の連携と分野活性化を目的とするため、直接的な研究活動を行っていないが、若手活動の支援によって以下の論文発表が実現した。

〔雑誌論文〕（計 1 件）

1. K.Mizukoshi, R.Taishaku, K.Hosokawa, K.Kobayashi, K.Miuchi, T.Naka, A.Takeda, M.Tanaka, Y.Wada, K.Yorita, S.Yoshida, “Measurement of ambient neutrons in an underground laboratory at the Kamioka Observatory”, Progress of Theoretical and Experimental Physics 2018, 123C01 (2018), DOI: 10.1093/ptep/pty133, 査読有

〔学会発表〕（計 5 件）

1. 井上邦雄, 「宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究の概要」, 2015 年 新学術3 領域 合同シンポジウム「多面的アプローチで解き明かす宇宙と天体」, 仙台市
2. 鈴木洋一郎, 「極低放射能技術研究会 趣旨説明」, 2015 年 極低放射能技術研究会, 淡路
3. 井上邦雄, 「地下素粒子原子核研究領域の説明」, 2014 年 地下素核領域研究会, 豊中市

〔その他〕

ホームページ等

領域のホームページ : <http://www.lowbg.org/ugnd>

領域で開催した研究会等についてのホームページ : <http://www.lowbg.org/ugnd/workshop>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究分担者

研究分担者氏名 : 柳田 勉

ローマ字氏名 : Tsutomu Yanagida

所属研究機関名 : 東京大学

部局名 : カブリ数物連携宇宙研究機構

職名 : 特任教授

研究者番号 (8 桁) : 10125677

研究分担者氏名：石徹白 晃司（H27年4月6日より連携研究者へ）

ローマ字氏名：Koji Ishidoshiro

所属研究機関名：東北大学

部局名：ニュートリノ科学研究センター

職名：助教

研究者番号（8桁）：20634504

研究分担者氏名：岸本 康宏

ローマ字氏名：Yasuhiro Kishimoto

所属研究機関名：東京大学

部局名：宇宙線研究所

職名：准教授

研究者番号（8桁）：30374911

研究分担者氏名：作田 誠

ローマ字氏名：Makoto Sakuda

所属研究機関名：岡山大学

部局名：自然科学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：40178596

研究分担者氏名：竹内 康雄

ローマ字氏名：Yasuo Takeuchi

所属研究機関名：神戸大学

部局名：理学（系）研究科（研究院）

職名：教授

研究者番号（8桁）：60272522

研究分担者氏名：身内 賢太郎

ローマ字氏名：Kentaro Miuchi

所属研究機関名：神戸大学

部局名：理学（系）研究科（研究院）

職名：教授

研究者番号（8桁）：80362440

研究分担者氏名：岸本 忠史

ローマ字氏名：Tadafumi Kishimoto

所属研究機関名：大阪大学

部局名：理学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：90134808

研究分担者氏名：濱口 幸一

ローマ字氏名：Koichi Hamaguchi

所属研究機関名：東京大学

部局名：理学（系）研究科（研究院）

職名：准教授

研究者番号 (8 桁) : 80431899

(2)研究協力者

研究協力者氏名 : 吉田 斉

ローマ字氏名 : Sei Yoshida

研究協力者氏名 : 鈴木 洋一郎

ローマ字氏名 : Yoichiro Suzuki

研究協力者氏名 : 中畑 雅行

ローマ字氏名 : Masayuki Nakahata

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。