

**平成29年度科学研究費助成事業（特別推進研究）自己評価書
〔追跡評価用〕**

平成29年 4 月 21 日現在

研究代表者 氏 名	山崎 泰規	所属研究機関・ 部局・職 (研究期間終了時)	独立行政法人理化学研究所・山崎原子 物理研究室・上席研究員
研究課題名	反水素原子と反水素イオンによる反物質科学の展開		
課題番号	19002004	研究期間	平成19年度～平成23年度
研究組織 (研究期間終了時)	研究代表者 山崎 泰規（独立行政法人理化学研究所・山崎原子物理研究室・ 上席研究員） 松田 恭幸（東京大学・大学院総合文化研究科・准教授） 研究分担者		

【補助金交付額】（研究期間全体）（直接経費）： 309,400 千円

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか

特別推進研究によってなされた研究が、どのように発展しているか、次の(1)～(4)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 研究の概要

(研究期間終了後における研究の実施状況及び研究の発展過程がわかるような具体的内容を記述してください。)

本研究は、研究代表者の独自アイデアに基づくカスプトラップにより反水素原子を生成し、スピン偏極反水素ビームとして取り出し、それをマイクロ波分光することで自然の最も基本的な対称性である CPT 対称性の厳密なテストを目指している。2010 年にはカスプトラップ中で反水素の大量合成を実現し、2011 年にはマイクロ波分光にむけた実験を開始した。その成果は、やはり同時並行で進めていた多重極磁気瓶への反水素捕捉と相俟って英国物理学会発行の Physics World 誌において Breakthroughs of the year 2010 の第一位であると評価された。これは全世界の全物理分野を見渡しての最も高い評価ということで、研究グループ全員が気を引き締めた。CERN の評議会でも高く評価され、長年の懸案であった ELENA (Extra Low ENergy Antiproton ring: AD から供給される 5.3MeV の反陽子をさらに 100keV まで減速) の建設が認められる契機となった。なお、宇宙/世界の対称性や反物質といった物理学の基本概念に関わる研究は、人類の世界観にも大きな影響を与え、従ってまた、社会的インパクトも大きい。

本研究は 2011 年度に終了したが、2012 年度から 2016 年度まで、新たな特別推進研究「反水素の超微細遷移と反陽子の磁気モーメント」として発展的に研究を継続した。以下、その間の研究実施状況、発展過程を記す。

2012 年度：

1. 希ガスモデレータ法を導入することにより、陽電子の蓄積効率を一桁以上増加させた。
2. カスプトラップ中での陽電子プラズマの操作技術(回転圧縮、蒸発冷却等)を向上させた。
3. 新しい陽電子源を導入し(2013年4月末)、陽電子強度をさらに数倍増強する。
4. 反陽子と陽電子の混合時間を延ばすため、高周波励起法を開発し、反水素合成数を従来の数倍にした。
5. 反水素ビームの取り出し実験を進め、成功させた。
6. スピンフリップ実験のため、計測系の整備、高精度ソレノイドの設計製作、ビームラインの設置等を進めた。
7. スピンフリップ実験のため、新たな proposal を cern の spsc に提出し、認められた(BASE 実験)。

2013 年度 (LHC の高度化工事のため、CERN におけるビームタイム無し)：

1. 反水素ビームの生成を Nature Communications 誌に発表した。非常に大きな反響があった。CERN の home page のトップに成果と実験装置の模式図が掲載されたのをはじめ、Nature 誌の Seven Days というコラムで、自然科学系全分野における二つのうちの一つの成果として取り上げられた。これまで合成と捕捉というキーワードのみで語られてきた反水素研究の状況を新たな段階に導いた。

2. 陽電子の蓄積効率をさらに 10 倍程度向上させた(2010 年時点と比較すると 100 倍に該当)。
3. パルス反陽子を陽電子雲に打ち込む条件を精査し、上記陽電子数の飛躍的向上と相俟って、陽電子の加熱をこれまでの 1% 程度以下に抑える方策が開発した。
4. 反水素ビームの集束力を強めるため、ダブルカスプ磁石の開発に着手した。
5. 反水素合成時における反陽子-陽電子混合条件、反水素合成条件を明らかにするため、円筒型の三次元消滅位置検出器をサクレーの検出器グループと共同で開発した。

2014 年度 (CERN の加速器群の整備が遅れ、しかも非常に不安定で、大変厳しい実験となった)：

1. 前年度に開発した各種実験装置を実際に反陽子を用いて動作確認した。そのため、多重リング電極を更新し、反陽子蓄積部から反水素合成部への断熱的反陽子輸送法を開発し、高励起状態反水素除去用の電場イオン化装置を導入し、反水素ビーム検出器の高度化を進めた。すべての装置が設計通り、あるいは、それ以上の性能を持って稼働できることを確認した。陽電子-反陽子非中性プラズマのこれまでにない安定的捕捉が実現された。
2. 三次元反陽子消滅位置検出器は電極内面での反水素消滅を反陽子の残留ガス消滅と明確に区別した。
3. 反水素ビーム検出器の GBO にはパイオントラック検出機能を持たせ、反水素同定性能を飛躍的に向上させた。
4. 反陽子輸送法の改善で反水素ビームが増強でき、基底状態反水素がほぼ確認された。
5. 反陽子磁気モーメント測定の準備を進め、まず質量電荷比を測定した。数週間の実験で既にこれまでの精度を越えることに成功し、この精度でも反陽子の質量電荷比と陽子のそれが一致することを確認した(2015 年に Nature に出版)。

2015 年度：

1. 反陽子捕捉トラップから二重カスプトラップへの反陽子輸送法を大幅に改善し、20eV の反陽子輸送を実現した。これにより、混合初期の 200ms といったごく短時間のうちに 2kHz という高いレートで反水素合成することに成功した。
2. BGO シンチレータと二重のホドスコープからなる反水素ビーム検出器を本格的に稼働させ、宇宙線バックグラウンドを 1/200 程度まで下げることに成功した。ホドスコープの時間分解能を大幅に向上させることに成功した。
3. 反陽子の磁気モーメント高精度測定を進め、年度末に、測定に成功した(2017 年に Nature Comm. に出版)。
4. 極高真空が実現され、反陽子の寿命測定記録を大幅に更新し、5 年以上であることを確認した。

2016 年度：

1. 反陽子の輸送系を更に改善し、ついに 1.5eV の超低エネルギー反陽子ビームの断熱的輸送には成功した。
2. その成果を元に、反水素原子の大量生成を試み、反陽子と陽電子の混合直後の数百 ms 間に数 10kHz という非常に高い反水素合成率を実現した。
3. 一方、この反水素合成率は予想に反し、急激に減少すること、それが反陽子と陽電子の空間的な分離が現象を支配していること、この回避には、混合条件の調整が必要であることが明らかになった。現在、静電的混合法の導入も含め、混合を長時間維持できる手法の開発を進め、2017 年夏に始まるビームタイムに備えている。

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

(2)論文発表、国際会議等への招待講演における発表など（研究の発展過程でなされた研究成果の発表状況を記述してください。）

1. Y. Yamazaki, "Antimatter Matters: Progress in Cold Antihydrogen Research", J. Physics Conf. Series 388(2012) 012002 (1-12).
2. T. Mohamed, A. Mohri, and Y. Yamazaki, "Comparison of non-neutral electron plasma confinement in harmonic and rectangular potentials in a very dense regime", Phys. Plasmas 20(2013)012502(1-6).
3. H. Higaki, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "Towards the production of anti-hydrogen beams", AIPCP1521(2013)134.
4. A. Mooser, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "Demonstration of the double Penning Trap technique with a single proton", Phys. Lett. B 723 (2013)78-81 (May 9). Doi.org/10.1016/j.physletb.2013.05.012
5. Y. Yamazaki and S. Ulmer, "CPT symmetry tests with cold antiproton and antihydrogen", Ann. d Physik 525 (2013) 493-504.
6. C. Amole, Y. Yamazaki, et al., "The ALPHA antihydrogen trapping apparatus", Nucl. Instrum. Methods A 735 (2014) 319-340 (13 Oct). Doi.org/10.1016/j.nima.2013.09.043
7. N. Kuroda, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "A source of antihydrogen for in-flight hyperfine Spectroscopy", Nature Communications 4089 (2014)1-6 (Jan. 21) Doi/10.1038/ncomms4089
8. N. Kuroda, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "Towards a spin polarized antihydrogen beam", Hyperfine Interact 228(2014) 67-76 (Jan. 29, 2014). DOI 10.1007/s10751-014-1016-9
9. C. Smorra, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "Towards a high-precision measurement of the antiproton magnetic moment", Hyperfine Int. 225 (2014) 31-36 (Feb. 04) DOI 10.1007/s10751-014-1018-7
10. Y. Nagata and Y. Yamazaki, "A novel property of anti-Helmholtz coils for in-coil syntheses of antihydrogen atoms: formation of a focused spin-polarized beam", New J. Phys. 16 (2014) 083026.
11. B. Radics, D.J. Murtagh, Y. Yamazaki, and F. Robicheaux, "Scaling behavior of the ground-state antihydrogen yield from CTMC simulation as a function of positron density and temperature", Phys. Rev. A 90 (2014) 032704_1-6.
12. B. Radics, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "The ASACUSA Micromegas Tracker: A cylindrical, bulk Micromegas detector for antimatter research", Rev. Sci. Instrum. 86 (2015) 083304 (2015).
13. S. Ulmer, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "High-precision comparison of the antiproton-to-proton charge-to-mass ratio", Nature 524 (2015) 196-199.
14. C. Smorra, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "A reservoir trap for antiprotons", C, Int. J. Mass Spectroscopy 389(2015) 10-13.
15. H. Higaki, Y. Yamazaki, et al., "A low energy positron accumulator for the plasma confinement in a compact magnetic mirror trap", AIP Conference Proceedings 1668, 040005 (2015); doi: 10.1063/1.4923118
16. C. Smorra, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "BASE – The Baryon Antibaryon Symmetry Experiment" Eur. Phys. J. Special Topics 224 (2015) 3055-3108.
17. B Radics and Y Yamazaki, Antihydrogen level population evolution: impact of positron plasma length, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 49 (2016) 064007 (1-4).
18. Y. Nagata, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, Direct detection of antihydrogen atoms using a BGO crystal, Nucl. Instrum. Methods A 840 (2016)153-159.
19. H. Nagahama, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "Six-fold improved single particle measurement of the magnetic moment of the antiproton", Nature Comm. 14084 (2017).
20. H. Higaki, C. Kaga, K. Fukushima, H. Okamoto, Y. Nagata, Y. Kanai and Y. Yamazaki, Simultaneous confinement of low-energy electrons and positrons in a compact magnetic mirror trap, New J. Phys. 19 (2017) 023016.
21. H. Nagahama, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "Highly-sensitive superconducting circuits at ~700 kHz with tunable quality factors for 2 image-current detection of single trapped antiprotons", Rev. Sci. Instrum.(to be published).

Invited talks:

- Y. Yamazaki, "Cold antihydrogen beam for HF spectroscopy – cusp trap scheme", Darmstadt, Germany, May 3-4, 2012.
- Y. Yamazaki, "Recent Progresses on Antihydrogen Research", PEARL, Shanghai, China, Oct. 3-7, 2012.
- Y. Yamazaki, "Synthesis of cold antihydrogen and CPT symmetry test", AISAMP (Asian International Seminar on Atomic and Molecular Physics), Taipei, Taiwan, Oct. 23-27, 2012.
- Y. Yamazaki, "Toward precision measurements of antihydrogen atoms and antiprotons for the CPT symmetry test", 11th Japan-US Seminar on Quantum Electronics and Laser Spectroscopy, Nara, Japan, April 08-12, 2013.
- Y. Yamazaki, "Antihydrogen and antiproton experiments toward the CPT symmetry test", ILL (Institut Laue-Langevin) Seminar, Grenoble, France, May 28, 2013.
- Y. Yamazaki, "Atomic physics and atomic collision physics from Z=-1 to 92", ICPEAC tutorial lectures, Lanzhou, China, July 23, 2013.
- Y. Yamazaki, "First beam of antihydrogen", PEARL, Shanghai, China, May 1, 2014.
- Y. Yamazaki, "What (anti-)matters with antimatter", TCP2014 (International Conference on Trapped Charged Particles), Takamatsu, Japan, Nov. 28- Dec. 5, 2014.
- Y. Yamazaki, "Recent progresses of cold H/p research at AD, CERN", FPUA (Fundamental Physics Using Atoms), Wako, Nov. 30, 2015.
- Y. Yamazaki, "Cold antihydrogen synthesis for hyperfine spectroscopy and ASACUSA micromegas tracker", CEA colloquium, Saclay, France, May 2, 2016.

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）**(3) 研究費の取得状況（研究代表者として取得したもののみ）**

科学研究費助成事業：特別推進研究
研究課題名：反水素の超微細遷移と反陽子の磁気モーメント
研究期間：2012年-2016年
研究期間全体の配賦額：264,000千円

(4) 特別推進研究の研究成果を背景に生み出された新たな発見・知見

これまでに無かった低エネルギー反陽子ビームの輸送技術を確立した。これにより、例えば 1.5eV という従来想像もできなかった極低エネルギー反陽子ビームの長距離断熱的輸送を可能にした。

本研究で採用した偏極反水素ビーム生成のためのカスプ磁場は、従来考えられてきたより遙かに優れた集束特性を持っており、光学レンズと同様のレンズ公式に従って反水素ビームを集束させることを明らかにした。

三体結合過程で生成される反水素原子は高励起状態にあるが、陽電子プラズマ通過中に多重衝突を被り、効率的に基底状態に脱励起されることをシミュレーションから明らかにした。

2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況

特別推進研究の研究成果が他の研究者に活用された状況について、次の(1)、(2)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 学界への貢献の状況（学術研究へのインパクト及び関連領域のその後の動向、関連領域への関わり等）

- 1(1)に記したように、我々の反水素原子捕捉、また、反水素ビーム生成の成功は大変大きなニュースとなり、次世代減速装置 ELENA（CERN の反陽子減速器 AD から供給される 5.3MeV の反陽子ビームをさらに 100keV まで減速して各実験室に供給する装置）の建設を CERN の評議会が認めるきっかけになった。ELENA の建設・稼働は、今後の低エネルギー反陽子研究の研究形態に影響を与える、大変大きな決断であったと認識している。さらに、ELENA からの反陽子輸送ビームラインを CERN の経費で設計し、建設することになった。
2. 以上の成果は同様に、広い研究分野の研究グループを刺激し、AD 建設当時(1997 年)は 3 つしかなかった共同研究（ATRAP, ATHENA, ASACUSA）が現時点で 6 つ（ATRAP, ASACUSA, ALPHA, AEGIS, Gbar, BASE）に成長している。特に BASE の代表者である S. Ulmer は、この特別推進研究でサポートされた ASACUSA CUSP 実験の成果に注目して我々のグループにポスドクとして参加し、その後、新しい共同研究 BASE を立ち上げ、既にめざましい成果を出している。当該分野は大変活性化したと考えている。
3. 我々の成果は高く評価され、多くの関連国際会議から招待講演の依頼を受けた。さらに、最近反陽子/反水素に関わる特別セッションを設けることも次第に定常化してきた。関連業界からみても、その進展が著しく研究内容も魅力に富んでいるためと考えている。

2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況（続き）

(2) 論文引用状況（上位10報程度を記述してください。）

【研究期間中に発表した論文】

No	論文名・著者名・発行年・ページ数等	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	G. B. Andresen, Y. Yamazaki, et al., "Trapped antihydrogen", Nature 468(2010)673-676	8重極磁気トラップに反水素原子を捕捉した初めての報告	159
2	G. B. Andresen, Y. Yamazaki, et al., "Confinement of antihydrogen for 1,000 seconds", Nature Physics 7(2011)558-564.	反水素原子が、どの程度の時間安定に捕捉されているかを報告した論文で、1000秒という長時間であることが明らかになった。	107
3	G. Andresen, Y. Yamazaki, et al., "Antimatter Plasmas in a Multipole Trap for Antihydrogen", Phys.Rev.Lett. 98 (2007) 023402.	多重極トラップ中での陽電子プラズマの振る舞いを調べた初めての報告	75
4	Y. Enomoto, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "Synthesis of Cold Antihydrogen in a Cusp Trap", Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 243401.	カスプトラップ中での反水素合成に成功した初めての報告	65
5	G. B. Andresen, Y. Yamazaki, et al., "Evaporative Cooling of Antiprotons to Cryogenic Temperatures", Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 013003.	ペニングトラップに捕捉された反陽子を蒸発冷却法により冷却した初めての報告	53
6	H.Knudsen, Y. Yamazaki, et al., "Ionization of helium and argon by very slow antiproton impact", Phys.Rev.Lett. 101(2008)043201.	数keVという超低エネルギー単色の反陽子ビームを生成し、これを用いて、原子のイオン化断面積を測定した初めての報告	46
7	G. B. Andresen, Y. Yamazaki, et al., "Autoresonant excitation of antiproton plasmas", Phys. Rev. Lett. 106 (2011)025002.	自動励起法というユニークな手法を用いて反陽子プラズマを内部温度を上げることなく励起した初めての報告。	43
8	G. B. Andresen, Y. Yamazaki, et al., "Compression of Antiproton Clouds for Antihydrogen Trapping", Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 203401.	反陽子と電子の2成分非中性プラズマを回転電場で動径圧縮した初めての報告	35
9	N. Kuroda, Y. Yamazaki, et al., "Radial compression of antiproton cloud for production of intense antiproton beams", Phys.Rev.Lett. 100 (2008) 203402.	純粋の反陽子プラズマを内部温度を上げることなく回転電場圧縮した初めての報告	32
10	G.B. Andresen, Y. Yamazaki, et al., "Search for trapped antihydrogen, Physics Letters B 695 (2011) 95-104.	8重極磁気トラップへの反水素閉じ込めを試みた初めての報告	32

【研究期間終了後に発表した論文】

No	論文名・著者名・発行年・ページ数等	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	N. Kuroda, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "A source of antihydrogen for in-flight hyperfine Spectroscopy", Nature Communications 4089 (2014)1-6 (Jan. 21) Doi/10.1038/ncomms4089	反水素原子のビーム取り出しに始めて成功した報告	44
2	C. Amole, Y. Yamazaki, et al., "The ALPHA antihydrogen trapping apparatus", Nucl. Instrum. Methods A 735 (2014) 319-340 (13 Oct).	ALPHA の実験装置を詳細に記載した報告。	20
3	G.B. Andresen, Y. Yamazaki, "Antihydrogen annihilation reconstruction with the ALPHA silicon detector", Nucl. Instrum. Methods A 684 (2012) 73-81.	ALPHA で採用したシリコン検出器による反水素消滅位置再構成過程を記した報告	14
4	S. Ulmer, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "High-precision comparison of the antiproton-to-proton charge-to-mass ratio", Nature 524 (2015) 196-199	反陽子と陽子の質量電荷比をこれまでにない最高精度で測定し、両者がなお一致していることを示した報告	11
5	N. Kuroda, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, et al., "Development of a monoenergetic ultraslow antiproton beam source for high-precision investigation", Phys. Rev. SP – Acc and Beams 15(2012) 024702_1-10.	ASACUSA CUSP グループの低速反陽子ビーム生成装置の詳細について記載した報告	9
6	A. Mooser, Y. Matsuda, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "Demonstration of the double Penning Trap technique with a single proton", Phys. Lett. B 723 (2013)78-81	二重ペニングトラップの有用性を一個の陽子で示した報告	7
7	Y. Nagata and Y. Yamazaki, "A novel property of anti-Helmholz coils for in-coil syntheses of antihydrogen atoms: formation of a focused spin-polarized beam", New J. Phys. 16 (2014) 083026	カスプ磁場が反水素ビームに対して上質のレンズとして機能することを示した報告	6
8	Y. Yamazaki and S. Ulmer, "CPT symmetry tests with cold p and antihydrogen", Ann. d Physik 525 (2013) 493-504.	極低温にある反陽子や反水素を用いて CPT 対称性を調べる研究についての review	6
9	B. Radics, D.J. Murtagh, Y. Yamazaki, and F. Robicheaux, "Scaling behaviour of the ground-state antihydrogen yield from CTMC simulation as a function of positron density and temperature", Phys. Rev. A 90 (2014) 032704_1-6	3 体結合過程により高励起状態に生成された反水素原子の脱励起過程をシミュレーションした報告	5
10	C. Smorra, Y. Yamazaki, S. Ulmer, et al., "BASE : The Baryon Antibaryon Symmetry Experiment", Eur. Physical J. Special Topics 224 (2015) 3055-3108.	BASE 実験の概要をまとめた初めての報告	4

3. その他、効果・効用等の評価に関する情報

次の(1)、(2)の項目ごとに、該当する内容について具体的かつ明確に記述してください。

(1) 研究成果の社会への還元状況（社会への還元の程度、内容、実用化の有無は問いません。）

☆新聞記事、テレビ番組等：

プレスリリースを研究期間中5回、終了後3回行い、国内外数十のメディアで取り上げられた。国内外メディアからの取材も、研究期間中2回、終了後5回あった。以下いくつかの例を記す。

2010年12月：反水素関係論文（上記2. の1位、および4位）の成果が、NHKのサイエンスゼロ「科学ニュース2010」の視聴者投票で第5位として取り上げられた。対応する論文の発表が11月下旬から12月上旬にかけてで、サイエンスゼロの放映までほとんど時間が無かったことを考えると、これは社会の示した関心が並大抵ではなかったことを示している。ひいては、社会の科学への関心惹起と言う重要な目的にも、多少は貢献できたのではと考えている。

2012年9月：英国物理学会のphysics worldがSpecial Report Japanという日本特集号を出版し、我が国の科学に関わる様々な話題を7つ取り上げたなかで、“Getting a grip on antimatter”という表題で我々の研究を取り上げた。

2015年7月：NHKの科学番組「コズミックフロント」において、「消えた反物質の謎」と言う番組が放映され、我々の研究を含む反陽子研究が紹介された。

2016年12月：フジテレビの科学番組「ガリレオX」において、「消えた反物質の謎～私たちはなぜ存在しているのか」と言う番組が放映され、我々の反水素研究も取り上げられた。

☆一般講演会

2012年9月：東レ科学講演会、“—自然の囁きを聞く—時空の対称性を探る反物質”

2014年1月：三鷹ネットワーク大学、“反物質を探る”

2015年9月：原子衝突学会公開講座、“我々の宇宙と反物質の世界”

☆受賞

本特別推進研究で研究を推進できたおかげで、以下の財団等から賞を授けられた。広い意味での社会への還元だと認識している。

2010年11月22日 米国物理学会フェロー

2011年10月25日 第15国松尾財団宅間宏記念学術賞（冷反水素の生成・制御と反物質科学の展開）

2012年 3月15日 第52回東レ科学技術賞（エキゾチックなピームによる原子物理学と反物質科学の開発的研究）

2012年 4月17日 科学技術分野の文部科学大臣表彰（反水素による反物質科学の研究）

3. その他、効果・効用等の評価に関する情報（続き）

(2) 研究計画に関与した若手研究者の成長の状況（助教やポスドク等の研究終了後の動向を記述してください。）

☆当特別推進研究推進中に助教として参加：

研究終了時：東京大学 助教 → 現在 東京大学 准教授(定年制)

☆当特別推進研究推進中にポスドクとして参加：

2010年から理化学研究所 研究員(定年制)

2011年からリオデジャネイロ大 准教授(定年制)

2013年から理化学研究所 国際主幹研究員(任期制)、2017年から理化学研究所 主任研究員(定年制)

2015年から東京農工大 助教(任期制)、2017年から東京理科大 助教(任期制)

☆当特別推進研究推進中に院生として参加：

東京大学大学院 院生、2015年から高エネルギー加速器研究機構 助教(定年制)

東京理科大 院生、2014年から東京理科大助教(任期制)、2017年から産総研研究員(定年制)

東京大学大学院 院生、2016年から東北大学 助教(定年制)

☆若手の受賞：

2011年：榎本嘉範、原子衝突学会第12回若手奨励賞受賞

2011年：榎本嘉範、東京大学総長賞受賞

2013年：今尾浩士、ACFA/IPAC Accelerator Prize

2013年：満汐孝治、原子衝突学会第14回若手奨励賞受賞

2015年：永田祐吾、原子衝突学会第16回若手奨励賞受賞

2016年：永田祐吾、日本物理学会若手賞