

山崎原子物理研究室 Atomic Physics Laboratory

主任研究員 山崎 泰規
YAMAZAKI, Yasunori

当研究室は、反水素、反陽子原子、中空原子、ポジトロニウム、不安定原子核原子（イオン）などのエキゾチックな衝突生成物の物理的・化学的・分光学的性質を解明するとともに、その生成ダイナミクスの理解を目指し、さらに、このようにして得た原子物理学・原子衝突の知見をもとに、放射線物理学、素粒子物理学、原子核物理学、表面科学、非中性プラズマ物理学、物理化学を視野に入れた学際的研究を進めている。全体を統括するキーワードは“低速”で、本来高いエネルギーで生成される反陽子、不安定原子核、多価イオン、陽電子を、従来より数桁高い効率で減速・捕捉する先端技術を同時並行的に開発してきた。これにより、偏極反水素ビーム生成と反陽子の磁気モーメント高精度測定、および、CPT対称性のテスト、反陽子原子生成素過程の解明、不安定原子核イオンのレーザー分光によるエキゾチック原子核の構造研究、多価イオンによるナノドット生成機構の解明、表面吸着原子の高感度三次元構造解析、非中性反物質（反陽子、陽電子）プラズマの研究、などを進めている。さらに、先細ガラスキャピラリーによる各種荷電粒子のナノビーム化を進め、特に生細胞照射に特化したビームラインを設計製作し、生細胞サージェリーに向けた基礎研究を進めている。

1. 反物質利用技術開発研究

本研究は、基礎科学研究「物質の創成研究」としても進められている。〔参照：基礎科学研究「物質の創成研究：反物質利用技術開発研究」〕

(1) カスプトラップによる反水素生成（毛利*1, 榎本*2, 永田*2, 斎藤*3, 満汐*4, 柴田*5, 今尾*6, 金井, 黒田*3, 山崎）
カスプ磁場により、陽電子と反陽子を同時に閉じこめるとともに、それによって生成されるスピン偏極した反水素をも捕捉、かつ、冷却し、反陽子の磁気モーメントを高精度決定して、CPT対称性をこれまでにない精度でテストする。その第一歩であるコールドボア中への反陽子の大量、高効率輸送、冷却にも成功した。

(2) 反陽子大量捕捉スキームの確立（黒田*3, 柴田*5, 永田*2, 今尾*6, 金井, 山崎）
ヨーロッパ合同素粒子原子核研究機構（CERN）のAD（反陽子減速器）から供給される5MeVのパルス反陽子ビームをRFQD（高周波4重極減速器）、MRT（大容量多重電極トラップ）を組み合わせることにより、反陽子を高い効率で捕捉、冷却した。冷凍機付超伝導ソレノイドに10⁷個以上の反陽子を蓄積冷却することにも成功し、以前から持っていた記録をさらに更新した。

(3) 冷たい反水素生成と生成過程の研究（藤原*3, 山崎）
多重極反水素トラップ中に陽電子と反陽子を同時に捕捉し、反水素合成できることを確認した。反水素の捕捉実験を急いでいる。

2. 低速多価イオンの応用に関する研究

本研究は、基礎科学研究「エキゾチック量子ビーム研究」の一環として進められている。〔参照：基礎科学研究「エキゾチック量子ビーム研究」〕

(1) 低速多価イオンによる表面改質効果の研究（O'Rourke*6, Carrasco*7, Esaulov*3, 山崎）
低速多価イオンをチオールの自己組織化単分子膜に照射し、その際形成されるナノクレーターを観測し、また、照射時に放出される2次分子イオン断片を分析することで、多価イオンと高分子膜との相互作用を研究している。

(2) 低速多価イオンによる超高感度表面分析法の研究（Carrasco*7, 大山, 山崎）
低速多価イオンはH,Fなどの表面吸着原子を高い確率で電離脱離することを見いだした。この性質を用い、低速多価イオンを超高感度の表面分析法とする可能性を探っている。このような電離脱離過程はこれまで知られていなかったもので、他の吸着原子を含めて、その基礎過程を研究している。

(3) 金属製キャピラリー標的通過後の多価イオンからのAuger電子測定（金井, 中井, 岩井*7, Lomsadze*3, 山崎）
水素様多価イオン（C⁵⁺, N⁶⁺, O⁷⁺）を金属製（Ni, Au）マイクロキャピラリーに入射し、透過後の多価イオンから放出されるK-Auger電子をビームに対してゼロ度方向から測定した。この測定により、X線とイオン価数のコインシデンス測定で存在が予測されていた、準安定な二電子励起状態（1s2s2p 4P）を直接観測することに成功した。

(4) 低速多価イオンのPET キャピラリーによるビームガイド効果（金井, 星野*3, 神原, Stolterfoht*3, 山崎）
多価イオンを絶縁体キャピラリーに照射すると、数百秒程度の時定数で多価イオンの通過電流が増加する。通過電流や通過イオンへのガイド効果（偏向方向）を入射電流の関数として測定し、これらの現象が照射された総電荷によりスケールできること、さらに、自己組織化帯電によりキャピラリー内壁に生成される電位分布と直接関わっていることが明らかになった。

(5) 低速多価イオンビームと先細ガラス管との相互作用の研究とナノサイズビーム生成（池田, 金沢*2, 岩井*7, 小島, 星野*3, 山崎）

数keVから100keV程度の多価イオンビームを先細ガラス管（長さ約5センチ、入口内径0.8mm、出口内径1μm程度）に入射し、出口内径の多価イオンマイクロ（ナノ）ビームを得た。これは、(4)と同様、入射ビームによるガラス管内壁の自己組織化帯電によるが、ナノサイズの荷電ビームを生成する全く新しい手法になると注目している。

(6) 低速多価イオンビームのガラス板対通過と自己組織化帯電（池田, Vokhmyanina*8, Pokhil*3, 岩井*7, 小島, 山崎）
低速多価イオンが2枚のガラス平板を重ねて作った2次元的な広がりをもつ隙間を通過すること、面と垂直方向のみならず、面内方向にもガイディング効果を持つことを見いだした。特に、この面内ガイディング効果は常識的には考えられない興味深い現象で、現在その物理機構の解明を急いでいる。

(7) 多価イオン/大気圧プラズマを利用した新しい材料創製に関する研究（目黒（ビームアプリケーションチーム））
新しいナノ材料の可能性の探索およびそのための表面創製技術開発を目的として、低速多価イオン照射や大気圧プラズマを利用したナノスケールでの構造制御、電子状態制御に関して研究を行っている。希ガス大気圧プラズマにおいて、電極表面上でナノ・マイクロスケールで熔融領域が形成、脱離する事により、特異的形狀を有する極微小構造を基板上に形成する事が可能である事

が分かった。現在、詳細な機構及び形状制御に関して検討を行っている。

3. 陽電子マニピュレーション研究

本研究は、基礎科学研究「エキゾチック量子ビーム研究」の一環として進められている。[参照：基礎科学研究「エキゾチック量子ビーム研究」]

(1) ポジトロニウム生成用陽電子蓄積法の開発 (大島*3, 金井, 山崎)
高密度の電子プラズマをこれまでの数十倍の効率で生成することに成功した。また、この蓄積には蓄積電子と入射電子の相互作用が主な役割を果たしていることを見いだした。

(2) 多価イオンビームの電子プラズマ冷却 (大島*3, 金井, 中井, 山崎)
ECR イオン源から供給される多価イオンを高密度電子プラズマ中に導き、多価イオンを電子冷却することに成功した。価数の自乗に比例して冷却速度の上昇が明確に示された。シミュレーションにより、多価イオン冷却を電子冷却と陽電子冷却の2段階に分割することで、冷却効率を飛躍的に向上できることを明らかにした。これは、電子冷却のみでの冷却を計画している他グループへもインパクトがあると期待される。

(3) 進行波を用いた高効率陽電子蓄積法の開発 (Mohamed*7, 今尾*6, 毛利*1, 金井, 山崎)
バッファガスが不要で超高真空中でも稼働する高効率陽電子蓄積法の開発を進めている。低速化した陽電子や電子ビームを用いたによるテスト実験も終了した。現在、線源を高磁場中に持ち込み、蓄積数の飛躍的増大を目指した実験を進めている。

4. 高速荷電粒子の先細ガラス管によるビーム収束

(1) 先細蓋付きガラス管によるMeVナノサイズイオンビームの生成と、液層中局所領域照射への応用(岩井*7, 池田, 小島, 根岸*3, 成沢*3, 前嶋, 今本, 山崎)

MeV領域の“高速”軽イオンを先細ガラス管に入射すると、小角散乱とエネルギーロスを繰り返しつつ、1-2桁高いビーム密度を持ったナノビームが得られる。このガラス管先端に薄い膜(100nm \cdot 1 μ m)を取り付け、液相中の任意の3次元局所領域に高密度のエネルギー付与ができる手法を開発した。現在、生細胞内の小器官を選択的に照射し、cell surgeryとも呼べる新しい研究領域の立ち上げを進めている。

(2) ガラスチューブによるミュオンビーム密度の増大効果 (池田, 小島, 岩井*7, 山崎, 松田, 友野*5, 石田, 松崎, 岩崎)
円錐台形のガラスチューブを用い、ミュオンビームに対する収束効果を調べた。実験は理研RAL支所において、岩崎先端中間子研究室との共同研究として進められた。ビームライン出口で数cmの直径を持つ数10MeV/cのミュオンビームに対し、長さ10cm \square 40cm, 入口径約5cm, 出口径0.3 \square 2cmという円錐形ガラスチューブを用いたところ、ビーム密度が約1.5倍になったことが確かめられた。シミュレーションによれば、この密度増大効果は、原子番号の大きな物質をチューブの材料とすることにより、さらに大きくなるのが予想されている。ミュオンビームの効率的利用に簡便かつ大変有力な手段を提供すると期待される。

(3) ガラスキャピラリーによる陽電子ビーム輸送の研究 (大島*3, 池田, 岩井*7, 小島, 山崎)

先細ガラスキャピラリーによる陽電子ビームの収束効果、ガイディング効果の研究を開始した。

5. RFIB 法の開発と短寿命原子核構造の研究 (和田, 石田*7, 中村*7, 片山*1, 岡田*3, 小島, 金井, 大山, 山崎, 大谷*3, Wollnik*3, Varentsov*3, Schuessler*3, Lioubimov*3, 吉田, 久保, 野田*3)

重イオン加速器施設における入射核破砕片分離器によって供給されるあらゆる元素の高エネルギー不安定原子核ビームを効率良く減速冷却し、汎用の低速不安定核ビームを生成する施設(SLOWRI)の開発を進めている。そのオンライン試験装置を利用して不安定ベリリウム同位体のレーザー分光に初めて成功した。さらに、質量分析器、共線レーザー分光装置の開発を行っている。

(1) 低速不安定核ビーム生成法開発

理研加速器施設のRIPS装置からの1 GeVのLi-8イオンを高周波カーペットイオンガイドによって数eVの低速ビームとして5%の全効率で取り出すことに成功しているが、そこから超高真空中のイオントラップまで輸送するビームガイドの輸送効率が軽いイオンの場合1%以下であった。この部分に炭素ファイバー強化樹脂の抵抗体で作成した高周波八重極イオンビームガイド(Carbon-OPIG)を用いることによって70%の効率を達成した。

(2) 不安定Be同位体のレーザー分光

Beの不安定同位体 ^7Be , ^{10}Be をオンラインでイオントラップ中に捕集し、レーザー冷却によって0.1meV以下に冷却した。これは運動エネルギーを1/3桁減少させたことに対応する。さらに $2\text{S}_{1/2}$ - $2\text{P}_{3/2}$ 準位の転移エネルギーを 10^{-8} の精度で測定し、Beイオンの原子準位の質量依存項の基礎定数を決定した。さらに、レーザー冷却された $^7\text{Be}^+$ イオンに対するレーザーマイクロ波2重共鳴法によって基底準位の超微細構造定数Aを $-742.772(3)$ MHzと 4×10^{-6} の精度で決定した。今後他の同位体の測定および光学転移周波数測定の精度を 10^{-10} にあげ、中性子ハロー核の荷電および磁化半径の測定を進める。

(3) 多重反射型飛行時間測定式質量分析装置導入することにより、5msの短い測定時間でA=28のイオンの質量分解能200,000を達成した。この試験装置をもとに、オンライン実験用質量分析器の設計を進めている。

(4) 共線レーザー分光装置開発

低速不安定核ビームの応用の1つとして、荷電半径測定用の共線レーザー分光装置を開発している。オフラインの同位体分離器を製作し、アルゴンの安定同位体イオンのレーザー励起蛍光の試験を行った。イオンビームに対して平行・反平行の2本のレーザーを用いた同時測定法によって準安定準位の $^2\text{G}_{7/2}$ - $^2\text{F}_{5/2}$ 転移エネルギーの絶対値を 10^{-9} の精度で測定した。

6. Li-like Uイオンと単結晶シリコン薄膜との相互作用による干渉性共鳴励起 (高野*4, 池田, 金井, 中野*2, 東*3, 山崎)

Li様のUイオンを単結晶シリコン薄膜に通過させ、結晶場に起因する振動場に対応する擬光子でイオンの電子状態を共鳴的に励起する。その共鳴幅はイオンのエネルギーが上がり、結晶通過中のエネルギー損失が小さくなるにつれ、狭く、従って、より高分解能の分光ができることになる。本研究では $1s^2 2s_{1/2} 1s^2 2p_{3/2}$ 遷移に注目して、X線によらない始めての高分解能分光を目指している。

7. 三次元中エネルギーイオン散乱(3D-MEIS)によるナノ構造体の分析 (小林, 小山*1)

三次元中エネルギーイオン散乱(3D-MEIS)をナノ構造体の構造解析及び元素分析に応用している。3D-MEISとは中エネルギー(100keV)の短パルス(1.3ns)ビームをナノ材料に入射させ、材料を構成する原子によって散乱された粒子を三次元(位置敏感・

時間分析型) 検出器により検出するものである。3D-MEIS を Ge(001)基板上のホルミウム(Ho)ジャーマナイドの構造解析に適し、Ho ジャーマナイドが単斜晶 (ひずんだ) 構造を取ることを明らかにした。

*1 研究嘱託、*2 ジュニア・リサーチ・アソシエイト、*3 客員研究員、*4 研修生、*5 基礎科学特別研究員、*6 訪問研究員、*7 協力研究員、*8 実習生

We have been developing a so-called “cusp trap” to synthesize antihydrogen atoms to make a stringent test of the CPT symmetry. The cusp trap consists of an anti-Helmholz superconducting coil and a multi-ring trap. Because the magnetic field so prepared has axial symmetry, the ingredients of antihydrogen atoms, i.e., antiprotons and positrons, can be stably stored and can even be well-controlled. Actually, an electron plasma was stably stored in a so-called spindle cusp region for more than several thousands seconds, and the electron plasma was also compressed. A large number of antiprotons were successfully transported from the antiproton catching trap, stored and cooled.

A liquid He free superconducting magnet was designed and constructed. It was successfully connected to the RFQD (radio frequency quadrupole decelerator). Actually, we have succeeded to store 10^7 antiprotons, which renewed the world record we had. The antiprotons so stored were extracted as DC as well as pulsed beams. Synthesis of antihydrogen atoms have been studied also with a so-called multipole magnet.

A highly charged ion (HCI) has a large potential energy and is accompanied with a strong electric field. Using this unique property, we have been studying formation mechanisms of nano-structures and ultra-sensitive elemental analysis of adsorbed atoms. Auger electrons emitted when slow HCIs passed through a metallic micro capillary target were measured for the first time. The meta-stable state ($1s2s2p$) 4P was clearly identified, which had been indicated from a coincidence measurements between K-X-ray and final charge states.

When a slow HCI beam is injected along the axis of insulating multicapillary, it is guided along the direction of the capillary even when the capillary is tilted against the beam direction by more than several degrees. Such a guiding effect was studied for a wide range of the incident beam current (several to several tens pA). The time evolution of the transmitted current and the deflection angle were found to be scaled by the deposited charge (= ion currents x irradiated time). This phenomenon can be explained by the growth of the charged patch by the ion beam in a self-organized manner. Slow HCI beams of several keV to 100keV were found to pass a tapered single-glass capillary (5cm long, inlet and outlet inner diameters of 0.8mm and ~ 1 m, respectively). This could provide a universal way to prepare a nano-size beam of charged particles. It was further found that a slow HCI beam can pass a gap of a pair of flat glass plates separated by 0.1mm, and is guided not only perpendicular to the plates but also along the plates. The study of the guiding effects for a tapered glass capillary has also started for positron beam.

A similar guiding and focusing effect was also studied for 54-81MeV/c muonbeams using tapered glass tubes (10-40 cm long, inlet and outlet inner diameters of 5cm and 0.5-2 cm). The density of the muon beam was actually enhanced more than 50%. A numerical simulation successfully reproduces the above observation and further predicts the enhancement of more than 100% when Cu or Au tubes are employed. The confirmation experiment is in progress.

We have developed a tapered glass capillary with a thin window at the top, which enables to inject a nano-size beam into a liquid target without affecting the accelerator vacuum. This technique is expected to open a new field of research like a “living cell surgery”.

Study on electronic and structural control of solid surfaces in nano-scale by highly charged ion irradiation or atmospheric plasma system has been performed for novel nano-materials. It was found that nano/micro structures with unique shape were formed at substrate surface, resulting from nano/micro-melting of electrode surface reacted with atmospheric plasma. Surface processes and control of formed feature have been being studied.

The development of a new positron accumulation scheme is in progress, where no buffer gas is used. In order to realize positron cooling of HCIs, positrons have been successfully accumulated in a multi-ring trap (MRT) employing high-density electron plasma as an energy degrader. Eventually, $\sim 10^6$ positrons were stably accumulated. The accumulation efficiency achieved here is more than 30 times larger than the best value ever achieved by other techniques under ultra high vacuum conditions. It was further confirmed that the stacking technique works, guaranteeing this UHV scheme can be applied in various fields of science including antihydrogen synthesis.

Development of SLOWRI, a universal slow RI-beam facility based on the projectile fragment separator and the rf-carpet ion guide method, is in progress. A newly innovated ion beam guide device, Carbon-OPIG, an rf octopole beam guide made of carbon fiber reinforced plastic rods, achieved high transmission efficiency of 70% for slow ^8Li ions from the rf-carpet gas cell to an ion trap which is located at a UHV environment. This innovation enabled precision laser spectroscopy of trapped radioactive beryllium ions, $^7\text{Be}^+$ and $^{10}\text{Be}^+$. We achieved a 10^{13} -fold reduction in the kinetic energy of the ions, which was initially 1 GeV and finally laser cooled to 0.1 meV. The absolute transition energies of the $2S_{1/2}$ - $2P_{3/2}$ transition for $^7\text{Be}^+$ and $^{10}\text{Be}^+$ were measured with an accuracy of 10^{-8} and the specific mass shift parameters of Be II were determined.

Furthermore the ground state hyperfine splitting of $^7\text{Be}^+$ ion was measured by laser-microwave double resonance method and the magnetic hyperfine constant was determined to be $A = -742.772(3)$ MHz. Further developments to improve the accuracy and extend the measurements on the other Be isotopes are in progress.

Other spectrometers for SLOWRI are also being tested off-line. A multi-reflection time-of-flight mass spectrometer achieved a mass resolving power of 200,000 by utilizing a cooler trap at the injection and a position sensitive detector at the extraction. A collinear fast beam setup for laser spectroscopy was build and the absolute transition energy of $^2\text{G}_{7/2}$ - $^2\text{F}_{5/2}$

states of metastable Ar⁺ ion was measured by two laser radiations with parallel and anti-parallel configurations and a frequency comb.

Three-dimensional medium-energy ion scattering (3D-MEIS) has been developed for crystallographic structure and elemental analysis of materials. The system of 3D-MEIS is that a pulsed He⁺ ion beam with a pulse width of 1.3 ns at a medium energy of 100 keV is used for an incident beam, the particles scattered by atoms in a sample are detected using a three-dimensional (position-sensitive and time-resolving) detector. Recently, 3D-MEIS was employed to analyze the crystallographic structure of holmium (Ho) germanide nanostructure on Ge(001). The results suggest that the structure is not hexagonal, but monoclinic.

Staff

Head

Dr. Yasunori YAMAZAKI

Members

Dr. Yasuyuki KANAI

Mr. Hitoshi OYAMA

Dr. Michiharu WADA

Dr. Takao M. KOJIMA

Dr. Takane KOBAYASHI

Dr. Tokihiro IKEDA

Dr. Aiko TAKAMINE*¹

Dr. Yoshio IWAI*²

Dr. Takashi NAKAMURA*²

Dr. Tarek HASSAN ALI MOHAMED*²

Dr. Marcos IVAN FLORES CARRASCO*²

Dr. Peter SHURY*²

*¹ Special Postdoctoral Researcher *² Contract Researcher

in collaboration with

Prof. Naoko IMAMOTO (Cellular Dynamics Laboratory)

Dr. Katsuhiko ISHIDA (Advanced Meson Science Laboratory)

Prof. Masahiko IWASAKI (Advanced Meson Science Laboratory)

Dr. Tadashi KAMBARA (Nishina Center for Accelerator based Science, Accelerator Applications Research Group)

Dr. Akio KOYAMA (Nano functional material Lab.)

Dr. Toshiyuki KUBO (Nishina Center for Accelerator based Science, Experimental Installations Operation Group)

Dr. Kazuhiro MAESHIMA (Cellular Dynamics Laboratory)

Dr. Yasuyuki MATSUDA (Advanced Meson Science Laboratory)

Dr. Teiichiro MATSUZAKI (Advanced Meson Science Laboratory)

Dr. Takashi MEGURO (Beam Application Team)

Dr. Dai TOMONO (Advanced Meson Science Laboratory)

Dr. Atsushi YOSHIDA (Nishina Center for Accelerator based Science, BigRIPS Team)

Visiting Members

Prof. Yohko AWAYA (Coll. Art Design Musashino Art Univ.)

Prof. Toshiyuki AZUMA (Dept. Phys., Tokyo Metrop. Univ.)

Dr. Daniel BARNA (KFKI, Hungary)

Prof. Joerg EICHLER (Hahn-Meiter-Inst. Berlin, Germany)

Mr. Yoshinori ENOMOTO (Graduate School Art Sci., Univ. Tokyo)

Dr. Makoto FUJIWARA (TRIUMF, Canada)

Dr. Hiroyuki HIGAKI (Grad. Sch. Adv. Sci. Matt., Hiroshima Univ.)

Dr. Masamitsu HOSHINO (Fac. Sci. Tech., Sophia Univ.)

Dr. Atsushi ICHIMURA (Inst. Space Astronaut. Sci.)

Dr. Akinori IGARASHI (Fac. Eng., Miyazaki Univ.)

Dr. Hideki IIMURA (JAEA)

Dr. Hiroshi IMAO (JSPS)

Prof. Akio ITOH (Fac. Eng., Kyoto Univ.)

Prof. Yoh ITOH (Fac. Sci., Josai Univ.)

Dr. Ichioro KATAYAMA (KEK)

Prof. Kenji KIMURA (Fac. Eng., Kyoto Univ.)

Dr. Masashi KITAJIMA (Grad. Sch. Eng., Tokyo Inst. Tech.)

Prof. Tetsuo KOIZUMI (Dept. Phys., Rikkyo Univ.)

Prof. Ken-ichiro KOMAKI (National Center for University Entrance Examinations)
Dr. Kenichi KOWARI (Dept. Appl. Phys. Chem., Univ. Electro-Commun.)
Dr. Nahofumi KURODA (Grad. Sch. Arts Sci., Univ. Tokyo)
Dr. Vladimir LIOUBIMOV (Texas A & M Univ., USA)
Prof. Michio MATSUZAWA (Dept. Appl. Phys. Chem., Univ. Electro-Commun.)
Prof. Akihiro MOHRI
Dr. Haruo MIYADERA (Univ. California, Riverside, USA)
Prof. Kanetada NAGAMINE (Inst. Mater. Struct. Sci., KEK)
Mr. Yugo NAGATA (Dept. Phys., Grad. Sch. Sci., Univ. Tokyo)
Dr. Nobuyuki NAKAMURA (Inst. Laser Sci., Univ. Electro-Commun.)
Prof. Shunsuke OHTANI (Inst. Laser Sci., Univ. Electro-Commun.)
Dr. Kunihiro OKADA (Fac. Sci. Tech., Sophia Univ.)
Dr. Nagayasu OSHIMA (AIST)
Dr. Patrice PEREZ (C. E. A. Saclay, France)
Dr. Lukas PICHL (Coll. Liberal Arts, ICU)
Prof. Grigory POKHIL (Moscow State Univ., Russia)
Dr. Syuichi SAKAGUTI (Fac. Eng., Yamaguchi Univ.)
Mr. Akio SAKAI (Vac. Prod. Co.)
Prof. Reinhold H. SCHUCH (Phys. Dept., Stockholm Univ., Sweden)
Prof. Hans A. SCHUESSLER (Texas A & M Univ., USA)
Dr. Isao SHIMAMURA
Prof. Noriyuki SHIMAKURA (Fac. Sci., Niigata Univ.)
Prof. Nikolas STOLTERFOHT (Hahn-Meitner-Inst. Berlin, Germany)
Dr. Hiroya SUNO (NIFS)
Dr. Hiroyuki TANAKA (Earthquake Res. Inst., University Tokyo)
Dr. Hiroyuki A. TORII (Grad. Sch. Arts Sci., Univ. Tokyo)
Dr. Hidetsugu TSUCHIDA (Dept. Nucl. Eng., Kyoto Univ.)
Prof. Kazuyuki UEDA (Toyota Technol. Inst.)
Prof. Victor VARENTSOV (V. G. Khlopin Radium Inst., Russia)
Prof. Tieshan WANG (Lanshou Univ., China)
Dr. Tsutomu WATANABE
Prof. Hermann WOLLNIK (Giessen Univ.)
Prof. Akira YAGISHITA (KEK)
Prof. Yaming ZOU (Fudan Univ., China)

Trainees

Mr. Yuu KANAZAWA (Fac. Sci. Tech., Sophia Univ.)
Mr. Yuji NAKANO (Dept. Phys., Tokyo Metrop. Univ.)
Mr. Koremitsu OGATA (Grad. Sch. Art Sci., Univ. Tokyo)
Mr. Yasushi TAKANO (Graduate School Art Sci., Univ. Tokyo)
Ms. Kristina VOKHMYANINA (Moscow State Univ. Russia)
Mr. Takuya SHIMOYAMA (Graduate School Art Sci., Univ. Tokyo)
Mr. Koji MICHISHIO (Department of Physics, Tokyo University of Science)
Mr. Hiroshi TOYODA (Graduate School Art Sci., Univ. Tokyo)