



国立研究開発法人 産業技術総合研究所
計量標準総合センター

分析計測標準研究部門

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology(AIST)
National Metrology Institute of Japan(NMIJ)

Research
Institute for
Measurement and
Analytical Instrumentation
(RIMA)

計量標準総合センター 分析計測標準研究部門

分析計測標準研究部門長あいさつ

計量標準の維持・供給と先端計測分析技術の活用により
社会や産業の現場における技術課題の解決を目指します。

分析計測標準研究部門は、計量標準と先端計測技術開発をミッションとする7つの研究グループから構成されており、NMIJにおいて幾つかの特徴的な役割を担っています。第一に、音響・振動、放射線、放射能、中性子に関する計量標準の開発と供給に取り組んでいます。これらは、産業界だけでなく私たちの生活環境や医療分野の安心・安全の確保に不可欠な計量標準として広く活用されています。放射線標準では、液晶表示部を内蔵した被ばく線量のオンサイトリアルタイムモニタを可能とする長寿命なIoT対応小型線量計の開発に成功しています。中性子標準では、新たな癌治療法として期待されているホウ素中性子捕捉療法（BNCT）の信頼性向上に向けた標準技術開発を進めています。音響標準では、近年、産業利用が拡大している小型無人飛行機（ドローン）の発生する騒音評価技術の研究に取り組んでいます。第二に、先端的な分析評価技術の研究開発として、陽電子消滅法による原子空孔分析をはじめ、2020年度より、構造材料分析に向けた新たな中性子ビーム施設（AISTANS）の運用を開始しています。第三として、光やX線によるイメージング技術を基盤として、老朽化が深刻化する大型構造物（インフラ）診断技術の開発を進めています。さらに、放射線や先端量子ビーム計測分野での人材育成プログラムにも積極的に参画しています。

今後さらに国内外の研究連携を拡大し、社会課題解決やイノベーション創出へ貢献してきたいと思えます。



Research Institute for Measurement and Analytical Instrumentation National Metrology Institute of Japan

Greetings from Director of RIMA

The Research Institute for Measurement and Analytical Instrumentation (RIMA) consists of seven research groups with around sixty researchers and has multiple roles in the NMIJ. The first role is to develop and disseminate the national measurements standards for ionizing radiation, radioactivity, neutron, acoustics, and vibration which are supplied to users in a wide range of industries and medical fields. We have recently developed an IoT-adopted wearable radiation dosimeter. It has a built-in LCD which indicates measured radiation dose in real-time. We are intensively investigating standardized neutron technologies for novel boron-neutron capture therapy (BNCT), which is attracting attention as an effective treatment for cancer. Characterization of acoustic noise emitted from unmanned aerial vehicles (drones) is also currently under earnest study in our institute. The second is to research and develop advanced analytical methods and instruments, such as a positron annihilation lifetime technique for advanced material science. In 2020 we started operating a new type of neutron beam facility, Analytical facility for Industrial Science and Technology using Accelerator-based Neutron Source (AISTANS) for non-destructive analysis of advanced materials. The third is to research non-destructive diagnostic techniques with X-ray imaging as well as optical methods for structural inspections and to implement these technologies into industry for addressing a social challenge of aging infrastructures. In addition, we are actively involved in training young researchers through various programs, such as Nanotech Career-up Alliance and Nuclear Researchers Exchange Program.

We hope to tackle the challenges that face all of us through nationally and internationally networked research activities.

ISHII, Juntaro Ph.D.

Director

Research Institute for Measurement and Analytical Instrumentation (RIMA), NMIJ, AIST

■ 研究グループ | Group



音波振動標準研究グループ

■ グループ概要 / Group Overview

音響と振動の計測に関わる標準の研究開発と維持供給、及び関連する精密計測技術の研究開発を行っています。そのため、音響分野では音圧や音響パワーの精密測定法及び測定器の精密校正法の研究を行い、振動分野では振動加速度や衝撃加速度の計測技術を研究しています。

Our group conducts R&D, maintenance and supply of standards related to sound and vibration measurements, as well as research and development with precision measurement technologies.

■ **キーワード**： 加速度センサ、振動衝撃標準、マイクロホン、音響標準、校正、精密計測

Keywords : Accelerometer, Vibration and shock standards, Microphone, Acoustic standard, Calibration, Precise measurement

実環境における振動計測評価技術の開発 Environmental Reliability evaluation technology for vibration measurement

技術 / Technology

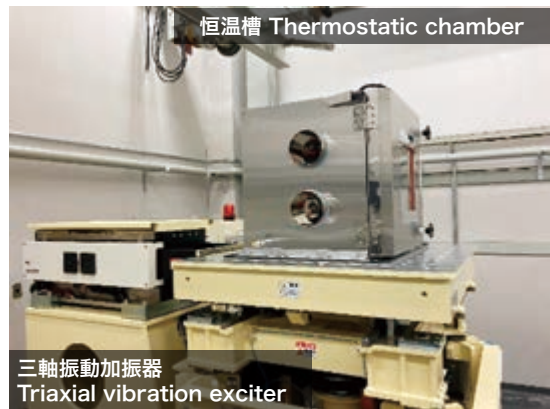
恒温槽を組み合わせた三軸振動加振器の運動をレーザ計測や基準加速度センサを用いて高精度に評価する技術を開発しています。さらに、地球重力や地面振動の影響を補正・低減することで、微小振動を正確に計測する装置も開発しています。

We are developing the motion evaluation technology of a three-axis vibration exciter combined with a constant temperature chamber and the system with accurate micro-vibration measurement by correcting and reducing the effects of the earth's gravity and ground vibrations.

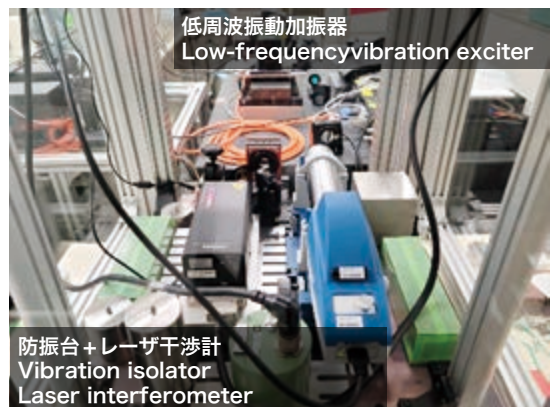
成果 / Outcome

実環境におけるインフラヘルスマonitoringの信頼性向上への寄与や、実加振で評価困難であった、超高感度な広帯域地震計の周波数応答を校正可能にします。

It contributes to improving the reliability of infrastructure health monitoring in the actual environment, and calibrating the frequency response of ultra-sensitive accelerometers, which was difficult to calibrate with actual excitation.



恒温槽 Thermostatic chamber
三軸振動加振器
Triaxial vibration exciter
恒温槽 Thermostatic chamber
・温度 Temperature range : -30 °C to +80 °C
・湿度 Humidity range : 30 % to 95 %
加振器 Vibration exciter
・周波数 Frequency : 0.1 Hz to 100 Hz
・最大振動 Max. amplitude :
(x,y) ±200 mm, 20 m/s²
(z) ±50 mm, 10 m/s²



防振台 + レーザ干渉計
Vibration isolator
Laser interferometer
精密評価装置
Precise evaluation system
・周波数 Frequency : 0.005 Hz to 200 Hz
・最小振幅 Min. amplitude : 10⁻³ m/s² (@ 1 Hz)

超低周波域におけるマイクロホン評価法の開発 Development of infrasound evaluation method for microphones

火山活動や津波等で生じる超低周波音観測の高精度化を目的として、マイクロホンの評価技術を開発しています。液柱型圧力計の原理を応用した本方式では、円筒内部で発生する低周波圧力変動は、水槽の振動変位と重力加速度、水密度の積としています。水密度は室温付近でほぼ一定であるため、超低周波域で問題となる円筒内部の温度変動等の影響を考慮することなく、振動変位を測定することで低周波圧力変動を評価可能です。

Our group tackles calibrating microphone sensitivity below 1 Hz by periodically changing the pressure inside the cylinder to measure infrasound events such as volcanic explosions and tsunamis reliably.

振動・衝撃加速度センサの評価技術 Vibration and shock calibrations of accelerometers

自動車産業で必要とされる振動・衝撃計測信頼性を確保する一次校正装置を開発・運用しています。三軸高衝撃校正装置は、高周波高衝撃を用いて、三軸加速度センサの計測信頼性を評価することを目指しており、高周波振動校正装置は、数10 kHzまでの高周波領域において、加速度センサの周波数応答を高精度に校正できます。

Primary calibration systems are developed and operated to calibrate accelerometers using traceable laser interferometry techniques mainly for the automobile industry.

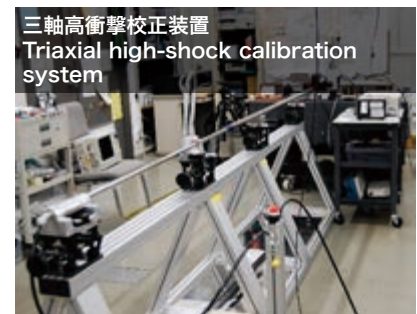
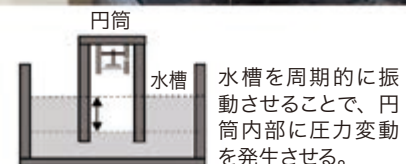
連携 Collaboration

(1) インフラモニタリング用加速度センサの実環境評価技術の社会実装を目指しています！¹⁾

Aiming for social implementation of environmental evaluation technology of accelerometers for infrastructure health monitoring.

(2) 音響振動センサの信頼性確保により、計量法トレーサビリティ制度へ貢献しています！²⁾

Contribution to JCSS by ensuring the reliability of microphones and accelerometers.



参考文献 / References

¹ Noise reduction of calibration system for micro-vibration measurement, *Measurement: Sensors*, **18**, 100138 (2021).

² Primary accelerometer calibration with two-axis automatic positioning stage, *Measurement*, **204**, 30 112044 (2022).

放射線標準研究グループ

■ グループ概要 / Group Overview

放射線を利用する医療・産業や放射線の安全利用、環境放射線測定に貢献する放射線の計量標準を開発・維持・供給します。X線、γ線、β線、その他荷電粒子を対象に、測定技術や校正・試験のための放射線場の開発を行います。

The ionizing radiation standards group develops, maintains, and disseminates the measurement standards that contribute to the medical and industrial use of radiation, the safe use of radiation and the environmental radiation measurement. For X-rays, γ-rays, β-particles, and other charged particles, our group develops the measurement techniques and radiation fields for calibration and testing.

■ キーワード：放射線治療、放射線防護、放射線検出器、吸収線量、空気カーマ、線量当量

Keywords : Radiotherapy, Radiation protection, Radiation detector, Absorbed dose, Air kerma, Dose equivalent

高エネルギー電子線に対する水吸収線量標準 Absorbed dose to water in high-energy electron beam

医療用リニアック装置からの高エネルギー電子線に対する水吸収線量標準を開発し、供給を始めました¹⁾。標準器には防水式グラファイトカロリメータを用いています。放射線治療における線量計測の標準としては、他にも Co-60・医療用リニアック光子線の水吸収線量、Ir-192 治療用密封線源の空気カーマ標準を供給しており、関連技術の開発を行っています。

Our group has developed and disseminated the absorbed dose to water standard for high-energy electron beams from the medical linac¹⁾. A waterproof graphite calorimeter is used as the standard. As standards for radiotherapy, we have also developed and disseminated the absorbed dose to water for Co-60 and medical linac photon beams, and the air kerma for the Ir-192 brachytherapy source.



グラファイトカロリメータと 医療用リニアック装置
Graphite calorimeter and clinical linac

■ 原理 / Principle

グラファイトカロリメータは、放射線の照射により生じる 10 mK 程度の温度上昇から吸収線量を決定する装置です。カロリメータ内部はグラファイトで構成された三層構造になっています。それぞれに温度センサーと温度制御用ヒータを配置し、 10^{-6} K オーダーの分解能で温度を制御します。

The graphite calorimeter is a device that determines the absorbed dose from a temperature rise of about 10 mK in graphite. The inside of the calorimeter has a three-body structure composed of graphite. A temperature sensor and a heater for temperature control are placed in each, and the temperature is controlled with a resolution of 10^{-6} K order.



Ir-192 密封小線源の校正
Calibration of the Ir-192 brachytherapy source

X線・γ線・β線の線量標準と測定技術の開発 Dosimetry for X ray, gamma ray and beta particles

サーベイメータや個人線量計のトレーサビリティ体系における国家標準として、X線とγ線の空気カーマ・β線の吸収線量を供給しています。γ線空気カーマの一次標準器として用いられているグラファイト壁空洞電離箱を、管電圧 450 kV までの X 線場に適用することで、校正可能な X 線のエネルギー範囲を拡大しました²⁾。

As a national standard for the traceability system of survey meters and personal dosimeters, our group develops and disseminates standards for air kerma of X-rays and γ-rays and absorbed dose of β-particles. Applying a graphite-wall cavity ionization chamber, which is used as a primary standard for gamma-ray air kerma, to an X-ray field with a tube voltage of up to 450 kV, we have expanded the energy range of X-ray fields in which the calibrations can be performed²⁾.



グラファイト壁空洞電離箱
Graphite-wall cavity ionization chamber

原理 / Principle

グラファイト壁空洞電離箱・平行平板自由空気電離箱は放射線により生じた微小電流 (10^{-13} A 程度) を測定し、空気カーマを決定します。グラファイト壁空洞電離箱は約 100 keV 以上で、平行平板自由空気電離箱は約 300 keV 以下で、それぞれ測定が可能です。二つの電離箱が測定可能なエネルギー領域でそれぞれの電離箱で測定した空気カーマは、良く一致しました²⁾。

The graphite-wall cavity ionization chamber and the parallel-plate free-air ionization chambers measure minute currents (about 10^{-13} A) generated by radiation to determine air kerma. The graphite-wall cavity ionization chambers can be measured above 100 keV, and the parallel-plate free-air ionization chambers below around 300 keV. The air kerma measured in each ionization chamber in the energy range where the two chambers are measurable was in good agreement²⁾.



300 kV 以下の X 線の国家標準器である
平行平板自由空気電離箱
Parallel-plate free-air ionization chamber, the primary standard for x-ray below 300 kV.

連携 Collaboration

(1) 放射線検出器の開発のため環境レベルから医療レベルまでの照射試験を提供します!

We provide Irradiation services with radiations from environmental level to therapy level.

(2) さまざまな種類・強度の放射線の測定技術を開発します!

We develop measurement technology for radiation of various types and intensities.

参考文献 / References

¹ 医療用加速器を用いた放射線治療用線量計の水吸収線量校正, *Jpn. J. Med. Phys.* 41-3, 134-142 (2021).

² The NMIJ air kerma primary standard for high energy x-ray beams in 300-450 kV, *Biomed. Phys. Eng. Express* 8, 015021 (2022).

放射能中性子標準研究グループ

■ グループ概要 / Group Overview

放射能および中性子に関わる計量標準の開発・維持・供給、および関連する計測技術の開発を行っています。最近では放射能および中性子の医療応用を支える計量標準および計測技術の開発に力を入れています。例えば医療用核種の放射能標準の開発、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）に資する中性子標準場の開発を行っています。

Our group has been developing, maintaining, and supplying measurement standards related to radioactivity and neutrons, as well as developing related measurement technologies. Recently, we have been focusing on developing metrology and measurement techniques to support medical applications of radioactivity and neutrons. For example, radioactivity standards for medical nuclides and neutron standards for boron neutron capture therapy (BNCT) are being developed.

■ キーワード：核医学、環境放射能、放射線安全、BNCT、校正、精密計測

Keywords : Nuclear medicine, Environmental radioactivity, Radiation safety, BNCT, Calibration, Precise measurement

放射能標準に関する研究開発

Research and development on radioactivity standard

診断や治療に用いられる放射性医薬品や、作業環境における放射線の人体への影響、汚染検査等に関する放射能標準を研究開発しています。これにより、放射性医薬品の正確な放射能測定や、放射線に関わる環境安全の確保に貢献しています。

We conduct research and development on various standards for applications such as radiopharmaceuticals for diagnosis and therapy, effects on the human body by radiation in the workplace, and contamination monitoring. It contributes to accurate radioactivity measurement for radiopharmaceutical and securing environmental safety related to radiation.

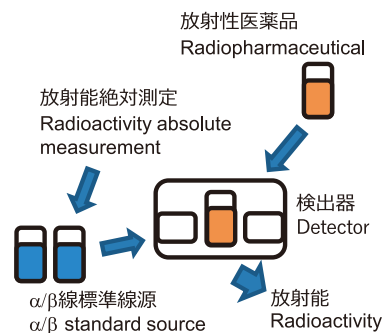


放射能絶対測定装置
Equipment for radioactivity standardization

■ 原理、特徴 / Principle, Feature

対象となる核種の壊変の仕方に合わせて放射能絶対測定を行います。例えば β 線と γ 線を同時に放出する核種については、 β - γ 同時計数法を用います。 γ 線を放出しない核種については、放射線を光に変換し、複数の光検出器による同時計数を行います。近年、新たな放射性医薬品が次々と上市されているので、これに対応した放射能標準を開発しています。これに加え、世界最高精度の放射能測定を目指して、超伝導放射線検出器を用いた放射能絶対測定の研究開発を行っています。

Standardization of radioactivity is conducted along the decay scheme of radionuclides. For instance, β - γ coincidence method is used for nuclides that emit β and γ rays. Conversion from radiation to photon and coincidence counting by photo-detectors is used for the nuclides that do not emit γ ray. Recently newly developed radiopharmaceuticals are placed on the market one after another. We develop radioactivity standards that meet the market's demand. In addition, standardization equipment using a transition-edge sensor is under development to measure radioactivity with the highest accuracy in the world.



放射性医薬品の放射能校正
Calibration of radiopharmaceutical

Radioactivity and Neutron Standards Group

中性子標準に関する研究開発

Research and development on neutron standard

原子力発電所をはじめとする放射線利用現場での線量評価などに必要とされる中性子標準の開発・供給・維持管理を行っています。また、ホウ素中性子捕捉療法のような医療に使われる中性子や、加速器施設内で発生する二次中性子の評価といった、新たなニーズに対応するための中性子計測技術の開発にも取り組んでいます。

We are developing, supplying, and maintaining neutron standards required for neutron dosimetry and other applications in radiation facilities. We are also developing neutron measurement techniques for evaluating secondary neutrons generated in accelerator facilities, and medical applications such as boron neutron capture therapy.

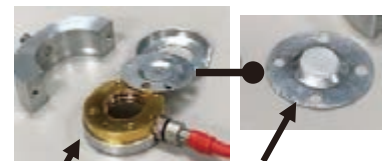
原理、特徴 / Principle, Feature

中性子は電荷を持たないため、他の原子核との核反応によって、荷電粒子に変換し、測定されます。利用する核反応の種類は、中性子のエネルギーに応じて選択されます。例えば、エネルギーの低い熱中性子に対しては ${}^6\text{Li}$ を用いてアルファ粒子(${}^4\text{He}$)とトリトン(${}^3\text{H}$)を生成する核反応が、エネルギーの高い速中性子に対しては水素を衝突して陽子を生成する散乱反応が使われます。その他様々な核反応の種類があり、中性子強度やエネルギー分布などの条件に適した感度と精度を実現する測定手法や新しい検出器の開発に取り組んでいます。

Since neutrons have neutral charges, they are measured by being converted into charged particles using nuclear reactions. An appropriate nuclear reaction is selected, depending on the neutron energy. For example, the ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ reaction and the n-p elastic scattering reaction are used for thermal and fast neutrons, respectively. We are developing new measurement methods and detectors with better sensitivity to measure neutrons precisely for conditions such as neutron intensity and energy distribution.



産総研中性子標準場
Neutron standard field at AIST



シリコン検出器
Si detector

ポリエチレン
Polyethylene



反跳陽子比例計数管
Recoil proton proportional
counter

速中性子測定のために使用される検出器
Detectors used for fast neutron
measurements

連携 Collaboration

- (1) 放射能標準に関する知識と経験をもとにトリチウムの放射能測定の不確かさの評価を可能にします!¹⁾
Knowledge and experience with radioactivity standards to allow the evaluation of the uncertainty of tritium radioactivity measurements.
- (2) 高強度中性子の測定技術を開発し、ホウ素中性子捕捉療法の現場の中性子精密評価を目指しています!²⁾
Development of high-intensity measurement technique to precisely evaluate neutron fields in BNCT hospitals.

参考文献 / References

¹⁾ 放射能の測定方法と放射能測定装置の校正, **放射線**, 38-1, 9-12(2012).

²⁾ Neutron spectral fluence measurements using a Bonner sphere spectrometer in the development of the iBNCT accelerator-based neutron source, **Appl. Radiat Isot.** 127, 47-51 (2017).

先進ビーム計測研究グループ

■ グループ概要 / Group Overview

電子加速器により生成する高強度の中性子や陽電子ビームを用いた先端材料の計測評価技術の開発を行っています。また、汎用性の高い小型の X 線・陽電子を用いた計測装置の開発と、これらを用いたインフラ等の診断への応用研究等も進めています。

Electron accelerators generate high-intensity neutron and positron beams, which are used to develop measurement and evaluation techniques for advanced materials. We are also developing portable ultra-compact X-ray and positron inspection equipment for infrastructure.

■ キーワード：中性子、X 線、陽電子、材料分析、非破壊検査

Keywords : Neutron, X-ray, Positron, Material analysis, Non-destructive testing

中性子分析技術の開発

Development of neutron analysis technology

電子加速器から生成する中性子ビームの制御技術の高度化¹⁾、それを用いた先端材料の非破壊分析の研究をしています。電荷のない中性子であっても、中性子を反射する内壁を有するガイド管を用いることで、試料に効率よく照射できます。

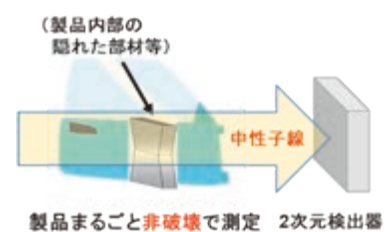
We are researching advanced neutron beam control technology and non-destructive analysis of advanced material using neutron beams. Even uncharged neutrons can efficiently irradiate the sample using a guide tube with an inner wall reflecting neutrons.



中性子ビーム利用施設
Neutron beam facility

原理、特徴 / Principle, Feature

中性子ビームを利用した非破壊イメージングに、ラジオグラフィー法とブラッグエッジイメージング法を用いています。ラジオグラフィー法は、中性子ビームが物質を照射した際の中性子透過率の測定からイメージングを行う手法です。中性子は X 線と比較して、金属を透過しやすく、水素を透過しにくい性質があり、X 線イメージングと相補的な情報を得ることができます。様々な角度から撮像することで、3次元像 (CT) を得ることもできます。ブラッグエッジイメージング法では、中性子の透過率の中性子波長依存性を測定して解析することにより、材料の結晶の種類とその分布、結晶子サイズやひずみなどの情報を画像化できます。



製品まるごと非破壊で測定 2次元検出器

Non-destructive imaging methods using neutron beams include radiography and Bragg edge imaging. Radiography is an imaging technique for materials based on neutron permeability. Since neutrons are more permeable to metals and less permeable to hydrogen than X-rays, radiography provides complementary information to X-ray imaging. Three-dimensional images (CT) can also be obtained by imaging from various angles. In the Bragg edge imaging method, measuring and analyzing the neutron wavelength dependence of neutron transmittance, makes it possible to image information such as the type and distribution of crystals in materials, crystallite size, and strain.



部材の結晶情報
(種類・密度・ひずみ等) がわかる

ブラッグエッジイメージング法
Bragg edge imaging method

可搬型 X 線非破壊検査技術の開発

Development of portable X-ray non-destructive inspection technology

針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた小型で高出力の可搬型 X 線源の開発と、非破壊検査法の研究を行っています。開発した可搬型 X 線源はバッテリー駆動可能であり、野外環境におけるインフラ診断など、様々な検査用途で使用できます。

We are researching and developing non-destructive inspection methods using compact and high-output X-ray sources using coniferous carbon nanostructures electron source.

Our portable X-ray source is battery-operated and can be used for various types of inspection, such as infrastructure diagnostics in the field environment.



超小型 X 線源搭載ロボット
Robot equipped with
ultra-compact X-ray source

陽電子分析技術の開発

Development of positron analysis technology

陽電子ビームの制御技術の高度化、それを用いた微小空隙評価法の研究をしています。物質に陽電子を照射し、その物質中における陽電子・ポジトロニウムの寿命を測定することにより原子サイズの欠陥や空隙を評価することができます。

また陽電子線源放射性同位体を用いた小型装置を開発し、測定技術等を、民間企業に移転しています。

We are developing advanced techniques for positron beam control technology and evaluating defects and nano-voids using positron beams.

Atomic-sized defects and voids can be evaluated by measuring the lifetimes of positrons and positronium in materials. We are also transferring measurement technology using compact devices to companies.



陽電子ビーム利用施設
Positron beam facility



ポータブル陽電子寿命測定装置
「PSA Type L-P」

技術移転例
Example of technology transfer

連携 Collaboration

(1) 中性子・X 線・陽電子等量子ビームを複合的に利用するユニークな先端計測技術です！

Unique advanced measurement technology that can use multi-quantum beams : neutrons, X-rays, and positrons!

(2) 中性子・X 線を用いて材料深部を非破壊でイメージング分析できます！

We perform non-destructive imaging analysis of internal material structure using X-rays and neutrons!

(3) 陽電子を用いて材料開発に重要な原子～ナノサイズの空隙を評価できます！

Positrons can be used to evaluate atomic to nano-sized voids, which are essential for material development!

参考文献 / References

¹ Pulsed neutron-beam flux with the supermirror neutron guide system at AISTANS, *Eur. Phys. J. Plus*, **137**, 1260 (2022).

放射線イメージング計測研究グループ

■ グループ概要 / Group Overview

X線や短パルスレーザー等の量子ビームを活用したイメージング、CT、高速分光などの先端分析技術の開発と、インフラや製品の非破壊検査、レーザー加工中モニタリング手法等としての実用化・社会実装研究を進めています。またテラヘルツ光を含めた量子ビーム発生技術とその小型化技術、X線・粒子線用の二次元検出技術、電子源やシンチレータ等の材料作製技術、材料等への照射効果などの研究開発も並行して進めています。

We are developing analytical technologies such as imaging, CT, and ultrafast-spectroscopy using quantum beams such as X-rays and short-pulse lasers. We are researching on their practical application as non-destructive inspection methods for infrastructure and products, in-process monitoring methods during laser processing and so on.

■ **キーワード**：非破壊検査、加工中モニタリング、X線、中性子、テラヘルツ、レーザー、放射線検出器

Keywords : Nondestructive testing, In-process monitoring, X-ray, Neutron, Terahertz, Laser, Radiation detectors

X線等の量子ビームによる非破壊イメージング技術開発 Non-destructive imaging by quantum beam such as X-ray

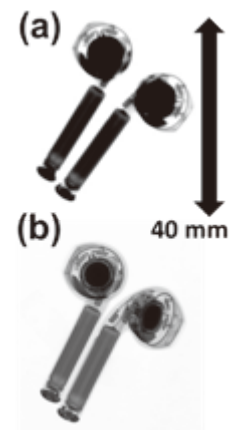
物質透過力の高いX線などの量子ビームを利用して、線路・電柱等のインフラや電池・食品等の非破壊イメージング（透過、位相、後方散乱）技術を開発しています。またそのための二次元検出器やシンチレータなどの要素技術を開発しています。

We are developing nondestructive imaging (transmission, phase-contrast, and backscattering) techniques for infrastructure, batteries, and food using quantum beams such as X-rays. We are also developing two-dimensional detectors and scintillators.

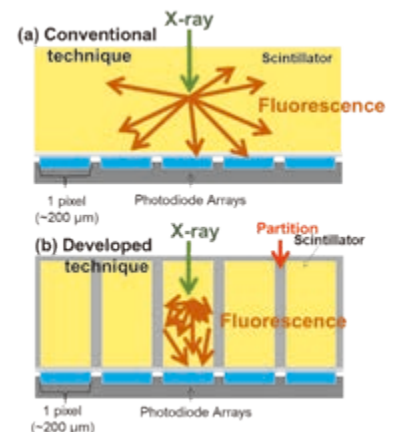
■ 原理、特徴 / Principle, Feature

X線画像を高空間分解能で撮影するために、隔壁シンチレータ技術を開発しました。これはX線を可視光に変換するシンチレータを隔壁で区切ることで、シンチレータの発光の広がりを抑制します。これにより高空間分解能かつ大面積なフラットパネル型X線検出器の開発に成功しました。他にもガラス製のガス電子増幅器（GEM）の開発と粒子線や低エネルギーX線を用いたイメージングへの応用なども進めています。

To achieve high spatial resolution in X-ray imaging, we developed the partitioning scintillator technique. By separating the scintillator, which converts X-rays into visible light, with a partition wall, the spread of the scintillator's fluorescence is suppressed. In addition, the development of a glass-made gas electron amplifier (GEM) and its application to imaging using particle beams and low-energy X-rays are also ongoing.



X線イメージングの比較 ((a) : 従来品、(b) : 開発品)
Comparison of X-ray imaging (left: conventional , right: developed technique)



(a) 従来のシンチレータ技術と (b) 開発した隔壁シンチレータ技術の概要
Schematic drawings of (a) conventional scintillator technique and, (b) developed partitioning scintillator technique.

量子ビーム発生技術

Quantum-beam generation technique

電子ビームからの X 線・テラヘルツ等の量子ビーム発生技術、新規電子源材料、誘電体やレーザーによる電子加速技術等を開発しています。

例えば、開発中の Ir-Ce 合金は高融点、低仕事関数、低真空でも利用可能などの優位性があり、新規の電子源材料として有力です。

Using dielectrics and lasers, we are developing quantum beam generation techniques such as X-ray and terahertz beams from electron beams, new electron source materials, and electron acceleration techniques.

For example, Ir-Ce alloys under development have advantages such as high melting point, low work function, and availability in low vacuum, making them promising as new electron source materials.

超短パルスレーザーによるレーザー加工中モニタリング技術開発

Monitoring during laser-processing by ultra short pulse laser

レーザー加工中のモニタリング技術を開発しています。これにより、加工後の評価を不要にしたり、加工用レーザー条件への迅速なフィードバックが可能になります。

そのためにポンププローブイメージングと呼ばれる加工用レーザー（ポンプ光）による材料の形態・電子状態の時間変化を、時間差（fs ~ ns）をつけたプローブ光で観察する技術¹⁾を開発しています。偏光を使った計測にも挑戦しています²⁾。

We are developing monitoring technology during laser processing. This can eliminate the need for post-processing evaluations and provide rapid feedback on the laser conditions for processing.

A technique, called pump-probe imaging, to observe the morphology and electronic state of a material by a processing laser (pump light) with a time-delayed (fs~ns) probe light is developing¹⁾. We are also trying to develop the pump-probe imaging technique with polarized light²⁾.

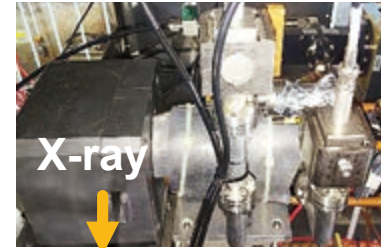
連携 Collaboration

(1) 食品、工業製品から産業インフラまで対象のサイズを問わない非破壊イメージングを、様々な X 線源と検出器等から可能にして、産業界の皆様に使っていただけるようにします！

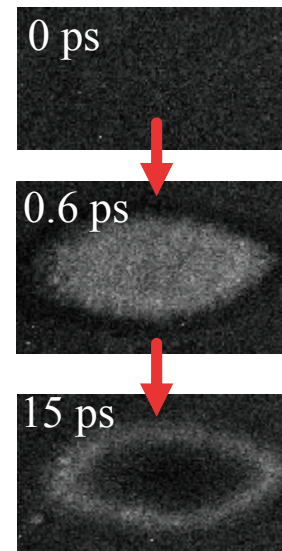
We make non-destructive imaging available for use by industry, regardless of the size of the object, from food and industrial products to industrial infrastructure!

(2) 高品質・歩留まりの良い製品加工のために、ガラス等材料の加工中の変化をモニタリングする技術を開発しています！

For high quality and high yield product processing, we are developing a technique for monitoring material changes during processing!



開発した小型電子加速器型高エネルギー X 線発生装置
Developed High-energy X-ray source based on compact electron accelerator



ポンププローブイメージングによる SiC の反射率の加工レーザー照射後の時間変化¹⁾

Time variation of reflectance of SiC by pump-probe imaging after pump laser irradiation¹⁾.

参考文献 / References

¹⁾ Ultrafast pump-probe microscopic imaging of femtosecond laser-induced melting and ablation in single-crystalline silicon carbide, *Applied Physics A*, **126**, 795 (2020).

²⁾ Ultrafast time-resolved single-shot birefringence microscopy for laser-induced anisotropy, *Optics Letters*, **47**, 3728-3731 (2022).

非破壊計測研究グループ

グループ概要 / Group Overview

最先端の画像計測技術や超音波を利用して、社会インフラや運送機器の健全性評価に必要な変位・ひずみ・欠陥情報を可視化して、健全性を診断するとともに、極限環境で使用される炭素材料の評価技術を開発しています。

Our group uses cutting-edge image measurement technology and ultrasonic waves to visualize displacement, strain, and defect information for the health assessment of social infrastructure and transportation equipment. We also develop evaluation technology for carbon materials used in extreme environments.

■ キーワード：材料評価、非破壊検査、レーザ超音波、光学的手法

Keywords : Material evaluation, Non-destructive testing, Laser ultrasound, Optical method

ドローン空撮による変位計測

Displacement measurement by drone aerial photography

技術 / Technology

モアレ法やデジタルホログラフィを利用した物体の3次元形状や変位・ひずみ分布を正確に計測できる画像計測方法^{1,2)}に加えて、さらにドローン空撮を利用して、画像ぶれ補正を行える技術を開発しています。規則模様がある基準マーカの位相変化からサブピクセル精度で画像ぶれの補正を実現します。

In addition to image measurement methods that can accurately measure the 3D shape of an object and its displacement^{1,2)} and strain distribution using moiré methods and digital holography, we are also developing image stabilization technology using aerial drone photography. It realizes image blurring compensation with sub-pixel accuracy based on the phase change of reference markers with a regular pattern.

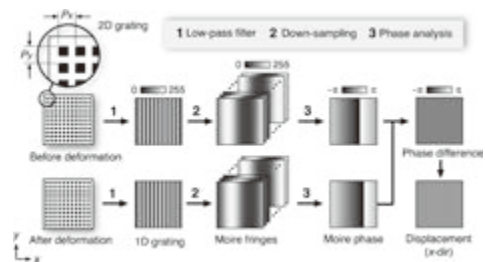
成果 / Outcome

ドローン空撮の高精度な画像ぶれ補正の実現により、スパン長が30メートル以上の橋梁を対象に、従来の変位センサに匹敵するたわみ量の測定に世界で初めて成功しています。本技術により、カメラ設置位置の制限がなくなり、より多くの橋梁でミリメートルオーダーのたわみ計測が可能となります。

By realizing high-precision image stabilization through aerial drone photography, we have achieved the world's first deflection measurement on bridges with spans of 30 m or more, comparable to conventional displacement sensors. This technology eliminates restrictions on the camera's location and enables deflection measurement on the order of millimeters in a broader range of bridges.



ドローン空撮による橋のたわみ計測
Measuring bridge deflection using aerial drone photography



サンプリングモアレ法による微小変位の算出原理
Principle of displacement measurement by sampling moiré method

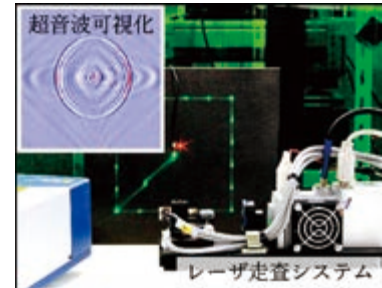


橋梁のたわみ計測の検証実験
Verification experiment of bridge deflection measurement

レーザー超音波による内部欠陥の検査 Inspection of inner defect by Laser ultrasonics

レーザー走査によって構造物を伝わる超音波を可視化し、迅速な超音波探傷が可能なレーザー超音波可視化技術かつ人工知能（AI）を利用した画像解析によって得られる超音波画像から自動的に異常検知する技術を開発しています。

Over the decades, our group has been committed to developing a world-class advanced Laser Ultrasonic inspection system, thereby contributing to multiple industry sectors to realize a safe and reliable society. Recently, we headed in the new direction of AI-enabled inspection data analysis.

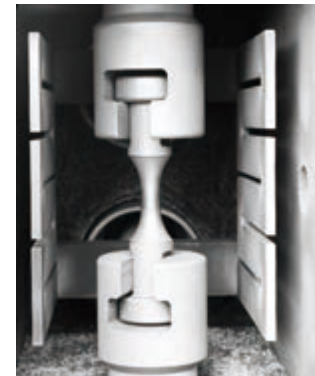


レーザー超音波可視化装置
Laser ultrasound visualization system

炭素材料の高温物性の評価技術 Evaluation techniques of carbon materials in extreme environments

炭素材料は、半導体素材の製造や製鋼および精錬プロセスにおいて高温環境で用いられている工業材料です。その炭素材料の熱伝導性などの高温物性の温度変化は、複雑な挙動を示します。その高温物性を計測・評価技術を開発しています。

Carbon materials are industrial materials used in high temperature environments in the manufacture of semiconductor materials and steelmaking processes. We are developing the measurement and evaluation techniques for these high temperature properties.



炭素材料の高温引張試験
High temperature tensile test of carbon materials

連携 Collaboration

(1) 複合材料の欠陥を検出できるレーザー超音波装置を開発し、企業連携を進めています！

Development of a laser ultrasonic system capable of detecting defects in composite materials and promotion of collaboration among companies

(2) ドローン空撮と手持ちカメラによるインフラの変位計測の社会実装を目指しています！

Aiming for social implementation of infrastructure displacement measurement using aerial drone photography and hand-held cameras

参考文献 / References

- ¹ Displacement measurement of concrete bridges by the sampling moiré method based on phase analysis of fringe pattern, *Strain*, **56**-6, e12351 (2020).
- ² Point defect detection and strain mapping in Si single crystal by two-dimensional multiplication moiré method, *Nanoscale*, **13**, 16900-16908 (2021).

応用ナノ計測研究グループ

■ グループ概要 / Group Overview

次世代産業の中核を担う基盤材料として期待されているナノ材料などの開発において、基盤技術となる計測・分析技術の新規開発を行っています。また、生体診断や環境モニタリング技術の開発とその応用に向けた展開を進めています。

We develop novel measurement and analytical techniques for promoting development of nanomaterials which lead next-generation industrial technology. We also develop techniques for biomedical diagnosis and environment monitoring toward their practical implementation.

■ **キーワード**：質量分析、プロセス計測、分光、光イメージング、環境モニタリング

Keywords : Mass spectrometry, Process characterization, Spectroscopy, Optical imaging, Environment monitoring

質量分析法の開発とナノ計測への応用

R&D on mass spectrometry for analytical measurement of nanomaterials

質量分析法では、分析対象物質の（１）気相イオンの生成（２）気相イオンの分離と分解（３）各々の気相イオンの検出から、化学種の同定と解析を行います。当グループでは、各種量子ビームを用いた質量分析技術の研究開発とその応用を進めています。

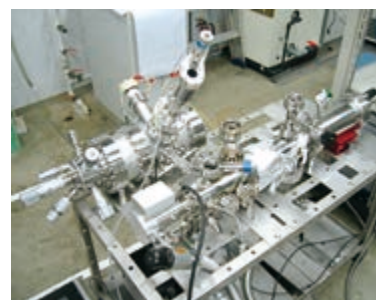
From analytes, mass spectrometry (1) produces ions with or without fragmentation, (2) separates them, and (3) detects each of them, thus determining and analyzing chemical species. We develop and apply novel techniques of mass spectrometry with different types of quantum beams.

イオン化技術とナノ材料解析

Ionization techniques for nanomaterials analysis

質量分析におけるイオン生成のために、イオン液体やクラスターイオンなどを用いた励起源を開発し、表面・界面・薄膜などのナノ材料分析の高度化に貢献します。

We develop various excitation sources to produce ions by an ion liquid beam, a cluster ion beam, etc. for nanomaterials analysis such as surface, interface, and thin film characterizations.



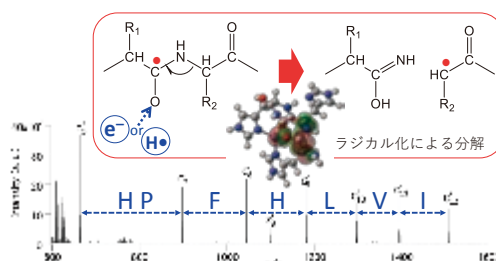
イオン液体ビーム利用質量分析装置
Mass spectrometer with an ion liquid beam

フラグメンテーション技術と有機分子の構造解析

Fragmentation techniques for organic structural analysis

タンパク質などの生体高分子を含む有機分子において、気相イオンの新規ラジカル分解過程を利用した質量分析による構造解析法の開発を進めています。

We control fragmentation of analytes to conduct primary structural analysis of organic molecules including biopolymers such as proteins by mass spectrometry.



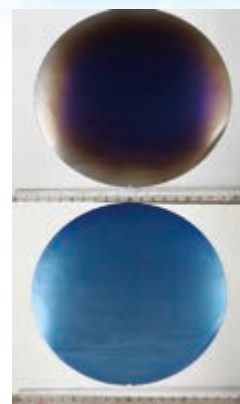
構造解析質量分析技術
Mass spectrometry for structural analysis

ナノ材料作製プロセスの計測・分析・評価手法の研究開発 R&D on analytical methods of nanomaterials processing

オゾンによる極薄酸化膜成長などナノ材料を作製中の気相や表面の巨視的・微視的状態の計測・分析・評価手法の開発と応用を行います。さらに、新規ナノ材料の開発やプロセス制御の支援のための表面・界面・薄膜分析や圧力・温度などの各種マテリアルデータを取得し統合解析を行っています。

We develop and apply macro/microscopic analysis while processing nanomaterials such as oxide with ozone in the gas and on the surface.

We acquire, integrate and analyze various materials data to support novel nanomaterials development and process control.



高濃度オゾンで作製した Si ウエーハ上の酸化膜 (Al_2O_3 薄膜) : (上) 74 nm (下) 100 nm.

Ultrathin oxide films (Al_2O_3) on Si wafers by an O_3 gas at a high concentration: (top) 74 nm (bottom) 100 nm.

生体・環境の診断・モニタリング技術の研究開発 R&D on biomedical diagnosis and environmental monitoring

光の干渉性を利用した深部イメージング技術の研究開発とその生体診断技術への応用を進めています。波動である光の波面制御や光の量子論的挙動を古典光で実現する量子模倣技術の開発により、生体組織などの散乱媒質内部を高分解能でイメージングする新しい原理の確立を目指します。

We develop deep imaging techniques using optical coherence for the application to biomedical diagnosis. We develop optical wavefront shaping and quantum mimetic techniques to establish a novel principle of high-resolution optical imaging in scattering media such as biological tissues.



スペクトル強度干渉断層イメージング装置
Intensity-interferometric spectral domain optical coherent tomography (I-SD-OCT)

連携 Collaboration

(1) 水素原子を用いたペプチドの新規ラジカル分解過程の詳細を明らかにしました! ¹⁾

We found that hot hydrogen atoms affect the peptide fragmentation.

(2) 新たな材料プロセスで作製された SiO_2 や Al_2O_3 などの酸化膜の優れた特性を明らかにしました! ²⁾

We characterized such ultrathin oxide films as SiO_2 and Al_2O_3 improved by their novel processing.

参考文献 / References

¹⁾ Hot Hydrogen Atom Irradiation of Protonated/Deprotonated Peptide in an Ion Trap Facilitates Fragmentation through Heated Radical Formation, *J. Am. Chem. Soc.* **144**, 3020-3028 (2022)

²⁾ 高純度オゾンガスとエチレンガス由来の活性種を用いた新たな低温成膜法、*表面と真空*、**62**, 433-438 (2019)

NMIJ 計測クラブ

NMIJ 計測クラブ入会 会費無料

振動計測クラブ

振動計測クラブでは、動的な振動量（変位、速度、加速度）の測定に関する、会員とNMIJとの技術交流を目的としています。また、近年は音響分野との連携・融合も図り、音響振動分野というより広範な話題提供に努めています。我が国の産業界におけるユーザが信頼性の高い音響振動計測を行うために、JCSS 制度への貢献や成果普及に関する各種啓発活動や振動計測に関する ISO 国際規格への説明と意見調整を行います。

放射線・放射能・中性子計測クラブ

放射線計測技術や開発した標準の紹介、放射線利用・放射線規制の動向などをテーマにして、年に1～2回程度、研究会を開催しています。技術相談、標準開発や JCSS・JIS 等への要望などにも応じています。また、ニーズに応じて、セミナー、勉強会、講習会なども開催しています。

お問い合わせ : rad-club-ml@aist.go.jp

WEB サイトは
こちらから!



量子ビーム計測クラブ

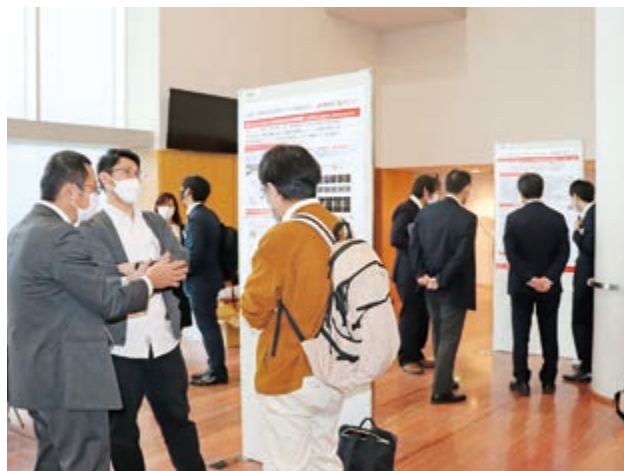
各種量子ビーム（X線、ガンマ線、電子、陽電子、中性子等）の産業利用、関連技術の開発や高度化等に関する研究会の開催（年1～2回）、分析法に関する技術相談や意見交換等の活動を行っています。量子ビームにご興味のある産業界 / 学術界の皆様方のご参加をお待ちしています。

お問い合わせ : qbeam-club-ml@aist.go.jp

WEB サイトは
こちらから!



量子ビーム計測クラブ講演会風景



合同講演会ポスターセッション

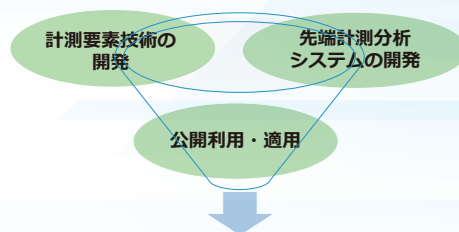
産総研 先端ナノ計測施設

AIST Nanocharacterization Facility (ANCF)
 文部科学省 マテリアル先端リサーチインフラ (ARIM)



国内の産業力強化と新産業創出の先導や社会イノベーションへの貢献を目指して、先端計測分析技術の開発を実施しています。これまで見えなかったものを見えるようにする計測技術を創造し、次いで、それらを各種の応用に適用して分析技術として仕上げることをミッションにしています。

これらを実現する手法として、開発した装置や技術を公開して、社会における課題の解決に挑戦しています。



大学や企業の研究開発、材料開発等を支援

陽電子プローブマイクロアナライザー (PPMA)



陽電子ビーム利用施設

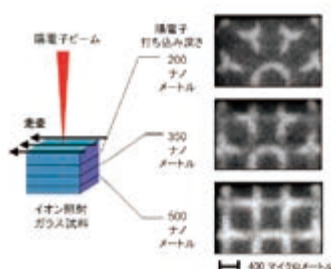


PPMA 装置

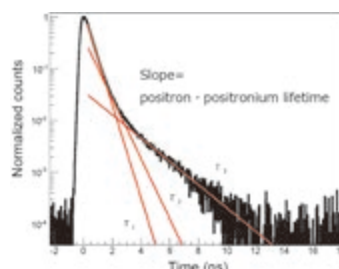
電子線形加速器で発生させた高強度陽電子マイクロビーム (ビーム径 <math><30 \mu\text{m}</math>) を利用して、試料中の陽電子寿命のマッピング測定を行う走査型の陽電子顕微鏡です。

試料中の原子～ナノメートルスケールの原子空孔・空隙を評価できます。

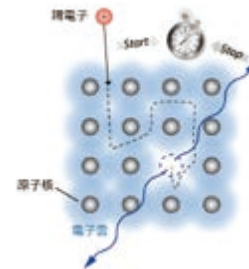
原理、特徴



3次元欠陥分布評価例



陽電子消滅寿命スペクトル



陽電子消滅寿命測定概念

ANCF 公開機器

- 陽電子プローブマイクロアナライザー (PPMA)
- 超伝導蛍光収量 X 線吸収微細構造分析装置 (SC-XAFS)
- 可視～近赤外過渡吸収分光計測装置 (VITA)
- リアル表面プローブ顕微鏡 (RSPM)
- 固体 NMR 装置 (SSNMR)
- 超伝導蛍光 X 線検出器付走査型電子顕微鏡 (SC-SEM)
- 極端紫外光光電子分光装置 (EUPS)

- ナノ空孔
- ナノ局所構造、電子状態
- 光反応ダイナミクス
- ナノ表面構造
- 固体材料局所構造
- 軽元素の状態分析
- ナノ表面物性



計量標準総合センター 分析計測標準研究部門 ANCF 事務局
 ancf-contact-ml@aist.go.jp
<https://unit.aist.go.jp/rima/nanotech/>





国立研究開発法人

産業技術総合研究所 計量標準総合センター 分析計測標準研究部門

〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 つくば中央第2

E-mail: rima_info-ml@aist.go.jp URL: <https://unit.aist.go.jp/rima/>

