

## 量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センター (G-QuAT) 設立について

産総研副理事長・G-QuAT センター長 村山 宣光

近年、注目を浴びている量子技術は、世の中に大きな変化をもたらす技術として、社会実装に向けた競争が激化しております。然しながら、この技術は十分に実用化される段階には至っておりません。産業技術総合研究所(産総研)は、この課題に対処し、産業界への道筋を切り拓く総合支援拠点として、研究開発責任者の直下に、量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センター (G-QuAT) を 2023 年 7 月に設立しました。G-QuAT では、ユースケースの創出を推進するために、産総研が有する国内最大級の AI 計算能力を持つスーパーコンピューターシステムと量子コンピュータを接続し、高度な融合計算技術の構築を進めています。また、量子コンピュータの実用に不可欠な要素技術や部品・素材技術の研究開発に焦点を当てています。そして、大規模な量子ビットの集積化に向けて、これまで産総研が行ってきた、量子デバイス設計・製造技術の研究開発を強化しています。G-QuAT は研究開発を行う特別の組織として、計量標準総合センター (NMIJ) をはじめとする産総研の多様な研究成果や資源と連携し、広範な産業分野での量子技術の活用を促進するなど、量子技術を活用した新産業の創出に邁進してまいります。



完成イメージ図



## 物理計測標準研究部門首席研究員挨拶

物理計測標準研究部門 首席研究員 金子 晋久

量子コンピュータという言葉が最近耳にすることが増えたかと思えます。小規模なハードウェアで実証されているに過ぎないのですが、将来は現状のスーパーコンピュータでは事実上不可能な計算が可能になり、産業への応用、社会問題解決に寄与できると考えられます。最近では量子技術を扱ってきた企業のみならず、潜在的に量子コンピュータに必要な技術を有する企業に注目が集まっております。実際、量子コンピュータに利用されている多くのハードウェア部品は汎用品の技術転用が可能で、様々な既存「非量子」産業の参入も期待されます。2023年に設立

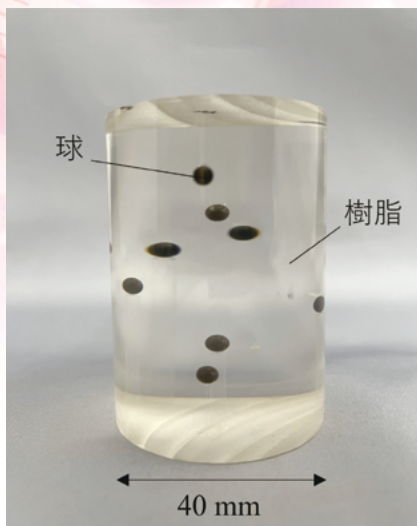
された産総研 G-QuAT では NMIJ と協力し、その「量子」部品に求められる環境整備と評価基準の明確化により、量子産業への参入障壁の撤廃に挑みます。そのための部品評価テストベッドの構築は重要な取り組みであり、高周波・低温・熱・光特性を中心とし、企業に参加いただくプラットフォームを構築いたします。テストベッド棟・評価設備は 2025 年春に完成予定です。NMIJ で培った総合力を発揮する場でもあり、様々な産業からのご参加を期待いたします。

## 研究トピックス

# X線 CT による形状測定のパフォーマンス評価用ゲージの開発

渡邊 真莉

X線 CT (コンピュータ断層撮影) を用いて、非破壊で産業部品の三次元内外形状を測定する需要が高まっています。X線 CT の測定性能は、あらかじめ球間距離等の幾何学量が校正された基準ゲージを用いて評価されます。従来のゲージは、X線が透過しにくい材質の支持棒に球が固定され、CT 像における偽像 (アーチファクト) の発生や、球配置の制限等の問題がありました。



X線 CT による形状測定のパフォーマンス評価用ゲージ (マリモゲージ)

そこで、これらの問題を解決するため、円柱状の樹脂中に球を埋め込んだゲージ (マリモゲージ) を新たに開発し、試料を提供しています。マリモゲージは、アーチファクトの発生を低減でき、ISO に準拠した球配置を実現する他、直径 40 mm 程度の小サイズで作製することが可能なため、近年需要が高い高倍率 CT のパフォーマンス評価用ゲージとして利用できます。また、従来のゲージより低コストで作製可能なため、X線 CT 測定のパフォーマンス評価の負担軽減が可能です。ゲージ材質に用いる樹脂の熱膨張係数、寸法変化の長期安定性についても評価しています。

さらに、従来のゲージは測定姿勢によって支持棒がたわみ、球位置にずれが生じるのに対し、マリモゲージは球位置が歪むことなく様々な姿勢で測定することができます。そこで、複数の姿勢で測定し、測定機の幾何誤差を平均化するマルチステップ法を X線 CT 測定に適用することで、球間距離 30 mm のマリモゲージに対して 3 μm の校正不確かさを実現しました。現在、マリモゲージの校正不確かさの更なる低減を目指し、光学的校正手法を開発中です。

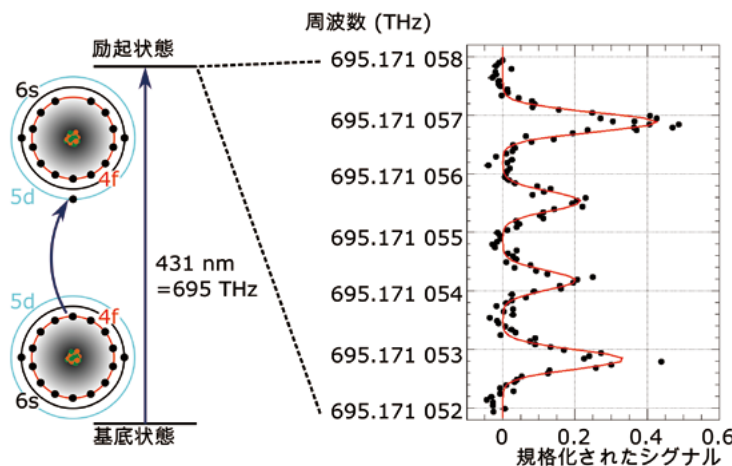
参考文献: M. Watanabe et al., *Precision Engineering* **84**, 15-20, 2023, DOI: 10.1016/j.precisioneng.2023.06.009

# イッテルビウムの新たな狭線幅遷移の観測と絶対周波数測定

川崎 瑛生

光格子時計は、時間測定において非常に高い精度を達成しています。より正確な計測および基礎物理学の探索に向けて、これらの安定性と精度のさらなる向上が期待されています。イッテルビウム (Yb) は、光格子時計でしばしば使用される原子の一つです。Yb において、通常の時計動作に従来から使用されている狭線幅遷移に加えて、別の狭線幅遷移があることを理論家たちは予測しました。この遷移では、電子が内殻の 4f 軌道から励起されます。しかし、この遷移は理論的な予測の時点で直接観測されたことはありませんでした。

我々はこの新しい狭線幅遷移を <sup>171</sup>Yb の同位体で観測し、その絶対周波数を初めて測定しました。この狭線幅遷移による磁気光学トラップ中の原子数の減少を検出することで、我々はその絶対周波数を 12 桁の精度で決定しました。F = 3/2 の超微細構造に対して 695 171 054 858.1 (8.2) kHz です。また、g ファクターや超微細構造を含むいくつかの磁気特性も測定しました。この観測は、微細構造定数の時間変動、電子と中性子間の新しい力、およびローレンツ不変性のテストを探る新たな手段を提供します。さらに、外部の場に対して高い感度を持つ第二の狭線幅遷移は、通常の狭線幅遷移の共鳴周波数を攪乱する外部の場を同時にモニタリングすることで、時計の安定性を向上させる可能性があります。



参考文献:

A. Kawasaki et al., *Phys. Rev. A* **107**, L060801, 2023, DOI: 10.1103/PhysRevA.107.L060801

観測された遷移の電子構造の変化と F = 3/2 の超微細構造の準位のスペクトル

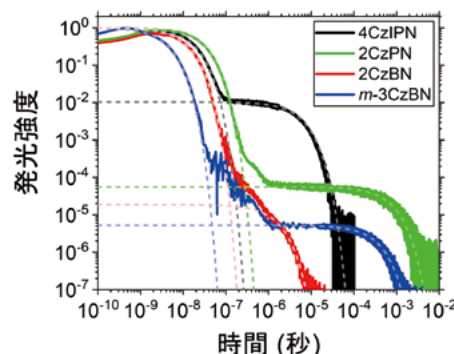
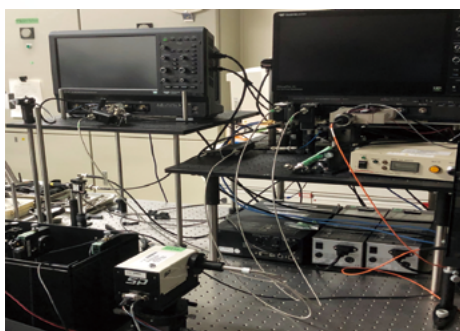


# 光機能性材料のマテリアルズ・インフォマティクスに向けた迅速計測技術の開発

細貝 拓也

マテリアルズ・インフォマティクス (MI) は、材料の性質に関する理論や実験データに基づき、機械学習を用いて新規材料の機能を予測する革新的な手法であり、現代社会の進歩に欠かせない、発光材料、太陽電池、光触媒などの光機能性材料の開発に応用されています。しかし、光機能性材料の MI では、定常発光や定常吸収のような比較的容易に得られるデータが利用されている一方で、材料機能の動的挙動を反映する過渡発光や過渡吸収のような測定に時間と労力を要する、過渡応答データについては蓄積量が不足しているため十分に MI が活用されていません。

NMIJ では、過渡分光計測技術の高度化に取り組み、高速 12 ビットデジタルストレージオシロスコープと複数種類の光検出器を組み合わせた高帯域リアルタイムサンプリング法を採用することで、従来の単一光子計数法を凌駕する、0.4 ナノ秒からミリ秒を超える時間範囲で 7 桁以上のダイナミックレンジを示す発光信号を数分で検出できる迅速計測技術の開発に成功しました。この技術は、光機能性材料の高精度な過渡応答データを迅速に取得するのに役立ち、MI を活用した光機能性材料開発を加速させることが期待されます。

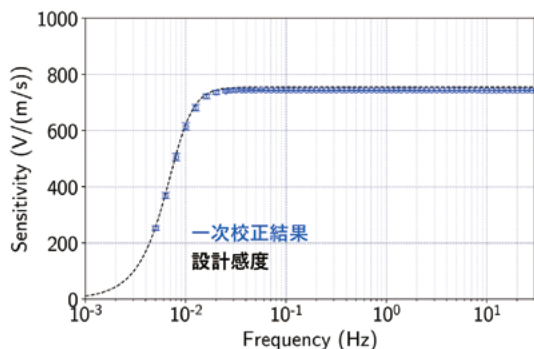
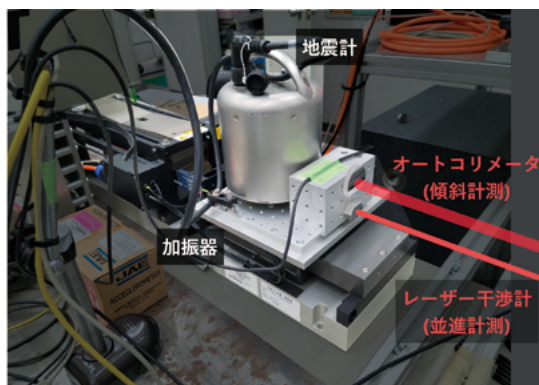


開発した装置の写真 (左) と得られた過渡発光時間プロファイルの例 (右)

参考文献: M. Furukori et al.,  
*J. Mater. Chem. C* **11**, 4357, 2023,  
DOI: 10.1039/D3TC00482A

# 広帯域地震計の超低周波一次校正技術の開発

下田 智文、穀山 渉、野里 英明



開発した一次校正装置 (上) と広帯域地震計の校正結果例 (下)

広帯域地震計は数 mHz から数 10 Hz の超低周波振動を計測することができ、地震の観測や地下核実験の監視などのために世界各地に設置されています。近年その計測信頼性を確保するために、観測帯域における地震計感度の校正技術が求められています。従来振動の一次校正では、校正対象に加振器で振動を加えレーザー干渉計を参照に感度を計測する技術が用いられてきました。しかし 0.1 Hz 以下の超低周波振動では地球重力の影響が実振動の加速度と比較して非常に大きくなるため、加振器の微小な傾斜 (数  $\mu\text{rad}$  程度) が印加振動を計測する上で大きな誤差要因となってしまう、一次校正技術は広帯域地震計の観測帯域をカバーできていませんでした。そこで NMIJ では、レーザー干渉計とオートコリメータを組み合わせ、並進と傾斜を同時に精密測定し、傾斜による誤差を精度良く補正する技術を開発しました。その結果、一次校正可能な周波数を世界で最も低い 5 mHz まで拡張し、広帯域地震計の感度を持つ低周波カットオフ特性を実振動で確認することができるようになりました。開発した一次校正技術は、観測点でのオンサイト比較校正を通して、地震観測網の観測精度・信頼性向上に貢献できます。

参考文献: T. Shimoda et al., *Meas. Sci. Technol.* **33**, 125021, 2022,  
DOI: 10.1088/1361-6501/ac9077

## 注目のトピックス

### 大田明博部門長の国際法定計量委員への指名

2024 年 2 月より、工学計測標準研究部門長 大田明博が国際法定計量委員 (CIML 委員) の責務を担うことになりました。国際法定計量機関 (OIML) では、各加盟国において政府により指名された 1 名の代表者が CIML 委員となり、決議の際には、国を代表して CIML 委員が投票しています。日本では、2020 年 10 月より NMIJ 審議役の高辻利之 (当時) がその任にあたっていました。このたび大田がその役割を引き継ぐことになりました。

大田は、2020 年より工学計測標準研究部門長となり、NMIJ の法定計量業務を所管しています。これまで、国際法定計量調査研究委員会における音響振動計量器作業委員会の委員を務めており、その他にも国際計量研究連絡委員会における音響超音波振動分科会委員、国際計測連合 (IMEKO) の TC22 副主査、ISO/TC 108/WG 33・WG 34 国内委員会の委員長、計量法に基づく校正事業者登録制度 (JCSS) 等に係る技術委員会音響・振動分科会の委員長等を務めています。



大田 明博  
工学計測標準研究部門長

### APMP 時間・周波数技術委員会 (TCTF) 新議長挨拶

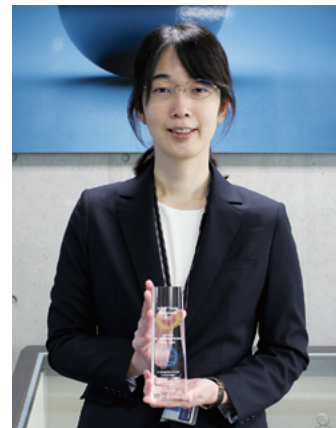


保坂 一元  
物理計測標準研究部門長

大変光栄なことに、この度 APMP (アジア太平洋計量計画) TCTF の議長に就任いたしました。NMIJ が TCTF の議長を務めるのは実に 17 年ぶりのこととなります。さて、時間周波数のコミュニティの人々は今大変興味深い時期を迎えていると言えるでしょう。なぜなら、専門家として注意深く検討すべき多くの重要課題があるからです。例えば、今後 10 年以上にわたり「秒」の再定義は重要なトピックスに位置付けられると思われまます。一次周波数標準、二次周波数標準を自力で開発できるかどうかにかかわらず、新しい定義は全ての計量標準機関に受け入れられるものでなくてはなりません。また、うるう秒に関する議論も重要です。うるう秒の挿入は、高度に発達した今日の社会インフラに大きな影響を与えるリスクを負っているためです。このような状況において、APMP あるいは世界の同業者と緊密な連携を図っていく事は大変重要となります。皆様のお役に立てるよう尽力して参りますので、お力添えを賜りますようお願い申し上げます。

### 岸川諒子主任研究員が APMP Young Metrologist Prize を受賞

物理計測標準研究部門 電磁気計測研究グループ 岸川諒子主任研究員が「若手メトロロジストの中での APMP への多大な貢献」に対する評価により APMP Young Metrologist Prize を受賞しました。第 5 世代移動通信システムの開発で重要になる物理量の一つである高周波インピーダンス計量標準を 9 kHz から 40 GHz の周波数領域において開発し、校正責任者として 190 件以上の標準供給を行ってきました。さらに、計量標準開発で培われた技術を応用して、電磁環境適合性 (EMC) 試験装置の校正技術開発、宇宙衛星内での無線電力伝送の研究開発を行ってきました。これらの高周波インピーダンス計測の科学的業績が評価され、今回の受賞となりました。



岸川 諒子  
主任研究員



## 韓国標準科学研究所との MOU 締結で量子情報科学分野の連携を強化

2024 年 1 月 3 日、韓国標準科学研究所 (Korea Research Institute of Standards and Science, KRISS) と産総研は、量子情報科学を連携分野として新たに盛り込んだ研究協力覚書 (MOU) を締結しました。KRISS と NMIJ は、計量標準を軸とした研究協力を目的として 2001 年に MOU を新規締結し、その後も 5 年ごとに計 4 回の更新を続けてきました。2023 年 7 月の「量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センター (G-QuAT)」設立を機に、「量子情報科学」を連携分野に追加するとともに、産総研全領域を対象とする包括 MOU へ変更することとなりました。今後ますます需要が高まる量子情報科学分野において、両機関の協力体制が強化されることにより、新たな技術的展開が期待されます。



産総研 石村和彦理事長



KRISS Ho Seong Lee 院長

## 国際度量衡局 (BIPM) での在外研究報告

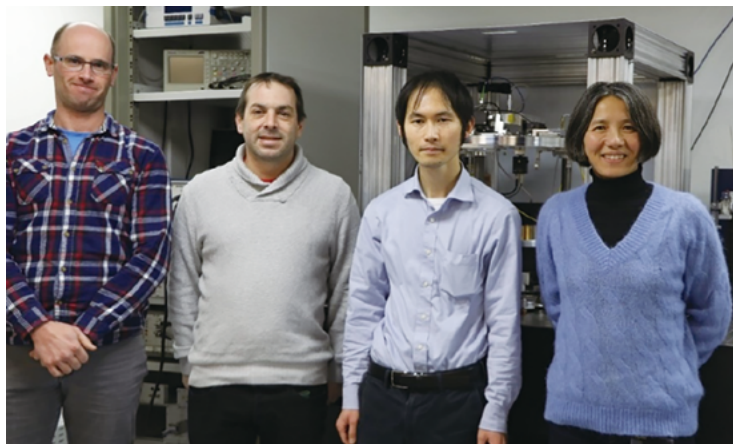
### — プランク定数にもとづく質量測定技術である キップルバランス開発への貢献 —

藤田 一慧

フランス、パリ郊外のセーブルに位置する国際度量衡局 (BIPM : Bureau International des Poids et Mesures) は、国際的な単位系の確立とその普及を目的とする国際条約「メートル条約」に基づいて設立された機関です。メートル条約の事務局としての役割を果たすと同時に、自らも計量標準に関する研究開発を行っています。この BIPM の物理計量部門において、2023 年 2 月から 2024 年 1 月まで、キップルバランス開発のための在外研究を行いました。キップルバランスは、コイルに流れる電流と磁場から生じる力を利用し、質量の単位「キログラム」の定義である「プランク定数」にもとづいて質量を測定する手法であり、BIPM では、国際的な質量標準の維持供給を目的としてその開発を進めています。今回の在外研究においては、質量測定精度向上のための新たな天びん機構の開発を行いました。研究成果は 2024 年夏の国際学会で発表予定です。

BIPM では、国際的な度量衡標準の維持といった共通の目的を持ったチームの中で、研究者が自由に専門性を発揮できる環境で研究を実施することができました。また、BIPM で開催される国際会議に訪れた多くの国家計量標準機関の研究者と交流することができたことは、大変貴重な経験でした。今回の在外研究の実現と現地での研究活動をサポートしていただいた多くの方々に厚く御礼申し上げます。

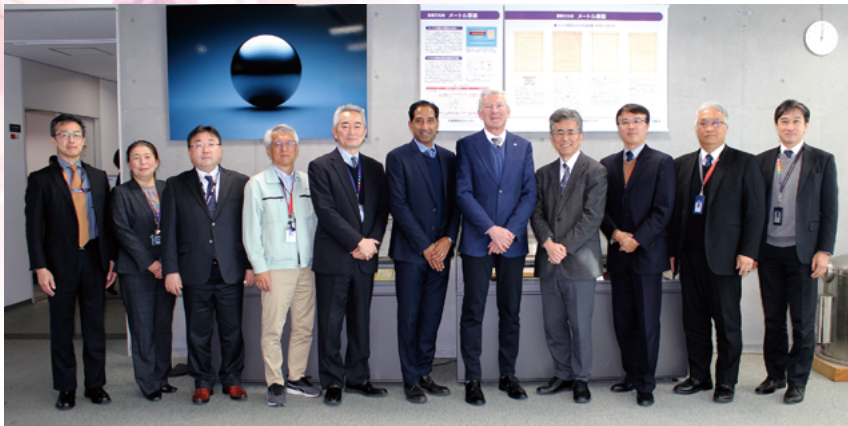
参考文献 : F. Bielsa, K. Fujita, A. Kiss, and H. Fang, *CPEM 2024 Digest* に掲載予定



左から Dr. Franck Bielsa, Mr. Adrien Kiss, 藤田一慧研究員, Dr. Hao Fang

## スイス連邦 METAS 所長及び副所長が来訪

2024 年 1 月 27 日～2 月 3 日、スイス連邦の国家計量機関である METAS から、METAS 所長で国際度量衡委員会 (CIPM) 副委員長でもある Dr. Philippe Richard および、METAS 副所長で 2023 年 10 月から国際法定計量委員長 (CIML 委員長) になった Dr. Bobjoseph Mathew が来日されました。来日の主な目的は、様々なイベントを通じて、日本とスイスの法定計量及び計量標準の分野において、相互理解を図り、友好を深めることです。そのため、経済産業省への表敬訪問、NMIJ 来訪、講演会 (日本計量機器工業連合会主催)、関西へ移動して株式会社インダ及び株式会社国際電気通信基礎技術研究所の見学等、多忙な日程を過ごされました。



中央左 : Dr. Mathew、右 : Dr. Richard

NMIJ 来訪では、NMIJ における DX の取組及び日本の法定計量の講演を聴講し、研究室 (カトルク、粒子計測、レーザ・LED 等の応用光計測、電気標準を利用した蓄電デバイス性能評価法・量子電気標準及び関連研究) 及び計量研修センターの研修設備を視察しました。

臼田総合センター長、他 14 名との意見交換も行われ、親交を深めました。

## イタリア国立計量研究所長が来訪

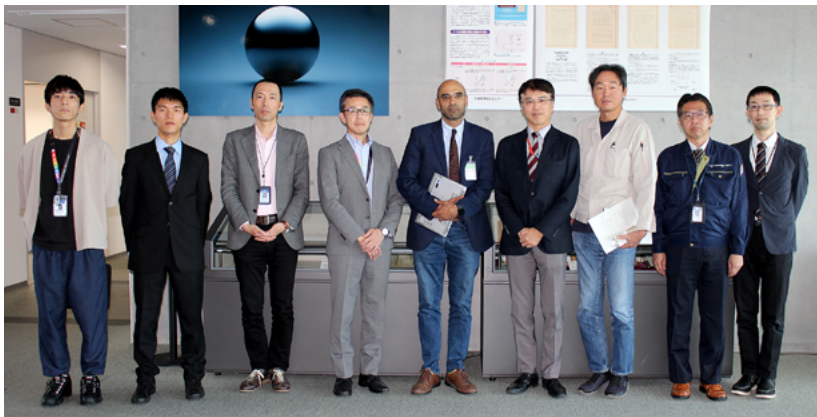
2023 年 7 月 28 日に、イタリア国立計量研究所 (The National Institute for Metrological Research, INRiM) から所長の Prof. Diederik Sybolt Wiersma が来訪されました。NMIJ からは、臼田総合センター長の他 16 名が対応し、校正データ等の DX 化、蓄電デバイスの性能評価法、気中粒子の粒子数濃度標準に関する研究など、NMIJ における主要な研究活動を紹介しました。



左 : 臼田総合センター長、右 : Wiersma 所長

## イギリス国立物理学研究所とのデジタル技術に関する意見交換

2023 年 10 月 13 日に、イギリス国立物理学研究所 (National Physical Laboratory, NPL) から、Dr. Sundeep Bhandari (Head of Digital Innovation) が来訪され、デジタル関連技術についての意見交換を行いました。



中央が Dr. Bhandari

NMIJ からは、保坂一元物理計測標準研究部門長の他 6 名の研究者が参加し、NMIJ における DX 化に向けた活動を紹介しました。また、NPL の Dr. Bhandari からは、イギリス国家計量標準機関としてのデジタル化の取り組みについての概要説明があり、双方の立場から、計量分野におけるデジタル化技術の今後の展望や課題等について活発な議論が交わされました。



## 白田総合センター長が APMP シンポジウムにて講演

APMP（アジア太平洋計量計画）シンポジウムが、APMP 総会のイベントとして、中国計量科学研究院（NIM）の主催で、2023年12月1日、中国深圳市にて開催されました。APMP 総会は毎年加盟国が持ち



オンライン講演の様子

回りでホストとなり、ホストの主催でシンポジウムが開催されます。本シンポジウムは、「2030年に向けた展望：グローバルな課題に対処する計量の推進」をテーマとし、国際度量衡委員会（CIPM）委員長の Dr. Wynand Louw、ドイツ物理工学研究所（PTB）の Dr. Joachim Ullrich、米国国立標準技術研究所（NIST）の Dr. James Olthoff を含む6名の講演者が、計量標準が社会課題解決に果たす役割について話題を提供しました。NMIJ から白田総合センター長が「日本の計量120年の歩み、NMIJの主要な役割と今後10年のビジョン」と題しオンラインにて講演しました。

## 第43回日韓法定計量協力委員会が韓国にて開催されました

2023年11月21～22日に韓国のテジョン（大田）にて、第43回日韓法定計量協力委員会が開催されました。本委員会の目的は、NMIJと韓国技術標準院（KATS）のMOUに基づき、日本と韓国の法定計量に関する情報交換及び交流を図り、国際社会における協力体制を築くことです。

日本からは、経済産業省より若原氏、NMIJより大田、三倉、森中、日本電気計器検定所（JEMIC）より手塚氏、並木氏の6名が参加しました。韓国からは、KATSよりYonghyun LEE氏を含む6名、韓国標準科学研究所（KRISS）より2名の他、韓国計量測定協会（KASTO）、韓国機械電気電子試験研究院（KTC）、韓国産業技術試験院（KTL）、韓国化学試験研究院（KTR）から、計20名が参加しました。

11月21日の主な議事内容は、KTRが本委員会に加盟することの承認、各参加機関の紹介、両国の法定計量制度の概要、両国のEV充電器システム及び関連業務、国際法定計量機関（OIML/APLMP）との連携及び二国間協力計画等でした。翌22日にはKRISSを訪問し、水素充填設備等を見学しました。本委員会の開催により、法定計量に関する両国の協力関係を更に深めることができました。次回は、2024年に日本で開催する予定です。



## 国際放射線防護委員会（ICRP）セミナーを開催

国際放射線防護委員会（ICRP）セミナーが、2023年11月13日に、産総研臨海副都心センターにて開催されました。ICRPは、1928年に設立され、非営利国際機関として、放射線に対する防護に関する専門的な勧告や指針を提供しています。セミナーは「放射線防護と線量計測」と題し、ICRPからDr. Kimberly ApplegateとDr. Maria Antonia Lopez Ponte、国内から古渡 意彦氏（量子科学技術研究開発機構）が講演を行い、有意義な意見交換が行われました。NMIJからは加藤 昌弘グループ長がNMIJにおける放射線標準と国内の放射線モニタリングポストを校正するシステムについて紹介しました。セミナーには、現地に35名、オンラインに122名の参加がありました。



Dr. Maria Antonia Lopez Ponte  
(CIEMAT、ICRP 第2専門委員会 幹事)

セミナーのプログラム、講演資料および開催報告は次のウェブサイトをご参照ください。

[https://unit.aist.go.jp/nmij/public/events/seminar/2023/ICRP\\_seminar/](https://unit.aist.go.jp/nmij/public/events/seminar/2023/ICRP_seminar/)



# 日中韓計量標準若手研究者ワークショップ(ESW)2023 参加報告

倉本 直樹

日本、中国、韓国の国家計量標準機関の若手研究者が参加する Emerging Scientist Workshop (ESW) が、2023 年 9 月 5 日～7 日の 3 日間、KRISS (韓国・大田) で開催されました。ESW は NMIJ、KRISS、NIM が持ち回りで毎年開催するワークショップであり、COVID-19 の影響で 4 年ぶりの現地開催となりました。NMIJ からは選抜された 10 名の若手研究者と引率役の 2 名の首席研究員が参加し、口頭発表およびポスター発表による研究紹介、実験室見学などを通じて中国・韓国からの参加者と交流を深めました。研究紹介には十分な時間が割かれ、趣味や履歴なども紹介することができ、活発な意見交換が実現しました。各参加機関の国際的に活躍する先輩研究者による招待講演も実施され、参加者が今後のキャリア形成を検討していく上での大変良い刺激となる有意義なワークショップでした。



## 計測標準フォーラム第 21 回講演会



2023 年 10 月 24 日に、アルカディア市ヶ谷にて、計測標準フォーラム第 21 回講演会「計測標準・計測における DX -信頼性確保・データ活用に向けて-」(NMIJ 計量標準セミナー共催)を、計量関係団体・機関で構成されるネットワークである計測標準フォーラム及び NMIJ の主催で開催いたしました。久しぶりの完全対面で、計測における DX をテーマに多様な角度から DX に関する講演が行われ、150 名近くの方にご参加いただき、デジタル化への関心の高さが伺えました。なお、本講演会の講演資料は、過去の講演も含め NMIJ のウェブページ (<https://unit.aist.go.jp/nmij/keisokuforum/>) で公開しています。

## 2023 年度 NMIJ 成果発表会

2024 年 2 月 1 日、2 月 2 日に、NMIJ における 1 年間の成果を発表させていただく 2023 年度 NMIJ 成果発表会を、つくばセンターにて開催いたしました。対面開催は 4 年ぶり、最新の研究トピックスを紹介する講演 9 件、4 つの研究部門と関連する 2 つの研究ラボからポスター 205 件によるポスターセッションを実施し、約 250 名の方にご参加いただきました。コロナ禍ではオンライン開催だったため、久しぶりの対面開催で、多くの質疑応答や情報交換などをさせていただき、非常に有益な時間となりました。また、サテライトイベントとして、標準物質セミナーと物理計測クラブ講演会も併催させていただき、こちらも多数の方にご参加いただきました。

