



Photo: Chiaki Sawai

Index

OMOTENASHI探査機より届いた 「D-Space」からの深宇宙線量情報……………	永松 愛子	1
ICRP2023（第7回放射線防護体系に 関する国際シンポジウム）開催報告……………	神田 玲子・川口 勇生	6
〔コラム〕63th Column 【YouTubeでがん情報】……………	中川 恵一	11
ラディエーションモニタリングセンター青森 測定ライン複線化の紹介……………		12
〔書評〕 「逆引きDICOM Book」 「逆引きDICOM Book Plus」……………	鈴木 真人	17
〔サービス部門からのお願い〕 ご使用者の変更連絡はお早めに……………		19

OMOTENASHI探査機より届いた 「D-Space」からの深宇宙線量情報



永松 愛子*

1. はじめに

D-Spaceは、2022年11月16日に、大型ロケットNASA SLS (Space Launch System) 1号機「Artemis I」(有人月面探査計画「Artemis」最初のミッションにおける、SLS新型ロケットと有人宇宙船「オリオン」の無人飛行試験機会)によって打ち上げられた日本の超小型月探査機OMOTENASHI (Outstanding MOon exploration TEchnologies demonstrated by NAno Semi-Hard Impactor) 側面に搭載された超小型能動型宇宙放射線線量計である。日本として初めて地磁気圏外の被ばく線量を測定する機会となった、OMOTENASHI探査機打上げ当日の地磁気圏外の宇宙放射線環境計測結果について、開発経緯とともにご紹介する。

本開発成果をもとに、D-Spaceは2025年以降に打上げ予定の月近傍拠点Gatewayを含むArtemis月面着陸有人探査計画にも搭載が決定しており、Gateway HALOモジュール船内の宇宙放射線環境評価のための国際共同ミッション計画についても述べる。

2. 超小型能動型宇宙放射線線量計「D-Space」

D-Spaceは、産業技術総合研究所 (AIST) が開発¹⁾、株式会社千代田テクノルが製品化した個人向けおよび環境計測用線量計「D-シャトル」(23g、68(L)×32(W)×14(T)mm)を、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と産業

技術総合研究所の共同研究により、宇宙放射線 (太陽粒子線および銀河宇宙線を構成する荷電粒子) 計測用の「超小型ポータブルアラームメータ」として改修・開発した超小型能動型宇宙放射線線量計である。

D-シャトルは、もともと2011年3月の東日本大震災による福島第一原子力発電所事故に対応し、装着負担が少なく、日々の被ばく量を年単位で電池交換なしで記録・表示できる線量計として開発がされた¹⁾。

2012年のつくば市 生活環境部環境保全課による放射線積算線量計の貸し出し事業に応募し、線量計の仕様や可搬性を確認し、複数の個人線量計候補の比較評価試験を経て、2015年から民間月面探査プロジェクト用ローバーへの搭載およびArtemis計画に搭載する月遷移軌道の宇宙放射線環境計測をするための線量計開発を開始した。

D-シャトルはガンマ線を主な測定対象として開発されているため、超小型能動型宇宙放射線線量計D-Space (Fig. 1) では、LET (線エネルギー付与) 領域が広範囲 (0.2~数百 keV/μm) に渡る宇宙放射線の構成粒子に対



Fig. 1 OMOTENASHI探査機側面搭載D-Space線量計

* Aiko NAGAMATSU 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙探査イノベーションハブ 参事・研究領域リーダー

して感度を持たせる必要がある。

宇宙機搭載にあたり、D-Space線量計のセンサ部回路、サンプリング間隔、バイナリデータフォーマットのカスタマイズ、データ読取用光シリアル通信部の改修、ファームウェア等の改変を行った。センサ部の基板抵抗の変更により、閾値電圧を変えたSi Pinフォトダイオードを持つ、2種類のD-Spaceを搭載した。宇宙放射線の陽子（低LET領域、**Fig. 2**のタイプA）と銀河宇宙線（高LET領域、**Fig. 2**のタイプB）を測定する2種類のD-Spaceセンサ部のSi PINダイオードを放射線が通過した際に流れる微弱電流を増幅して信号とし、その信号がある特定の閾値を超えた際のカウントレート=単位時間あたりのカウント数をダウンリンクし、1分ごとの吸収線量率（単位時間あたりの吸収線量）を算出することとした。

また、SLSロケットの安全制約により、もと
もとD-シャトルが使用していたコイン型電池か
ら、探査機電源駆動（探査機電源は、打上げ
時には3重のスイッチによりオフ状態）に電源
を切り替える改修も行っている。

閾値の異なる2種類のD-Spaceは、QST放射線医学総合研究所（現・放射線医学研究所）の重粒子加速器HIMAC（高LETのH、C、Si、Fe）および青森県量子科学センターサイクロトロン（低LETのH）により、陽子・重粒子に対する線量特性線エネルギー付与（LET）に対する応答特性等を評価している²⁻⁹⁾。Fig. 2のタイプBの検出器は、約10keV/μm前後に閾値を持つ特性であることをあらかじめ評価している。

また、タイプA、Bともに、D-Spaceのカウンタおよびセンサ部への照射試験中の入射粒子個数について、受動型線量計PADLES¹⁰⁾の固体飛跡検出器および照射位置に設置したプラスチックシンチレータのカウンタ値とともに線形応答や入射角度依存性等の確認を行い、得られた応答特性を線量算定に反映させた。

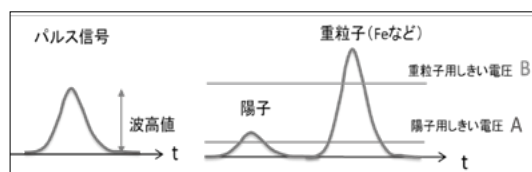


Fig. 2 閾値の異なるD-Space タイプA、Bの特性

3. OMOTENASHIへの搭載とArtemis計画の最初の打上げ（Artemis I）

~~~~~

Artemis I の相乗CubeSatとして、6Uサイズ（質量12.6kg、6Uサイズ）<sup>11-14)</sup> のOMOTENASHI探査機の搭載採択が2016年4月になされた。その採択条件として、「科学のおよび技術的目的が将来の有人探査を推進するのに役立つものであること」がミッション提案に要求されていた。OMOTENASHI探査機の唯一のサイエンス機器として、D-Space線量計が探査機側面パネルの内側に搭載されることとなり、宇宙飛行士がどれくらい被ばくするのか、何日月面に滞在できるのかを直接計測できる機会となった（**Fig. 3**）。これまで日本では、スペースシャトルや国際宇宙ステーション（ISS：International Space Station）が飛行する地球近傍（地磁気圏内の低軌道350~400km前後）に限られた宇宙放射線環境計測（被ばく線量計測）の経験しかなく<sup>15)</sup>、Artemis I は地磁気圏外の被ばく線量データを取得できる貴重な機会となった。

2022年11月16日15時47分（日本標準時）、ケネディ宇宙センター39B射点から打ち上げられたSLSロケットは、OMOTENASHI探査機

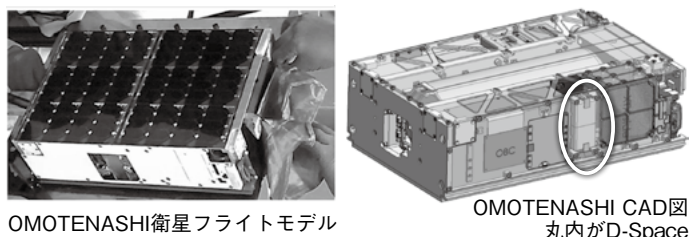


Fig. 3 OMOTENASHI 探査機上のD-Space線量計搭載位置  
(左) OMOTENASHI 実機  
(右) OMOTENASHI およびD-Spaceの3Dモデル

を含む10機の相乗り衛星を順次分離し、同日19時30分にはOMOTENASHI探査機の分離がされたと推定されている。

OMOTENASHI探査機は、打上げ当日はマドリード（スペイン）とゴールドストーン（米国）の運用局のアンテナを使って交信を行い、OMOTENASHI探査機が観測した様々なデータをテレメトリとして符号化・変調して同様に電波を使用して地球に送信する予定であった。OMOTENASHI探査機分離の30分後（同日20時）に、マドリード運用局からのD-Spaceのテレメトリデータ受信が始まった。

D-Spaceは、運用中、1分1点（1日1,440点）のタイプAおよびタイプB線量計のカウントデータをテレメトリデータとして転送し、テレメトリ間隔ごとに取得することができる。

OMOTENASHI探査機は、ロケットからの分離後、探査機自体の予期せぬ回転により、太陽電池による発電および通信確立ができず、分離直後の探査機バッテリー駆動可能な「38分間」のD-Spaceの観測データのみの受信となった<sup>16)</sup>。とはいえ、民生部品をもとに開発したD-Spaceの宇宙機実証がなされた瞬間であり、このデータが日本が獲得した初めての深宇宙線量情報である。4項で後述するとおり、あらかじめ評価したOMOTENASHI探査機の被ばく線量のシミュレーション評価をもとに、テレメトリデータの妥当性が評価できたときは、OMOTENASHI探査機の動向を大変心配しつつも非常に安堵した。

2種類のD-Spaceの1分毎の観測データは、時間経過とともにほぼ比例して値が増えており、38分間の宇宙放射線環境に大きな変動なかったことを示す（Fig. 4）。アメリカ海洋大気庁NOAAが搭載・運用する静止軌道気象衛星GOESからの陽子フラックスに関する観測情報によると、打上げからOMOTENASHI探査機のデータ観測時まで、静止軌道におけるエネルギーが10MeV以上のプロトン粒子フラックス〔particles/cm<sup>2</sup>/s/sr〕は静穏レベルで推移しており、打上げ当日の太陽活動の観測状況ともよく一致している。

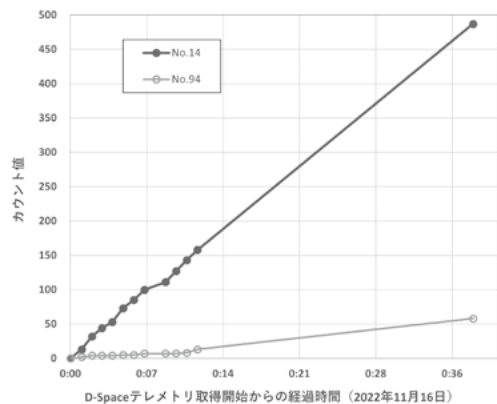


Fig. 4 D-Space#14は、全荷電粒子（陽子と銀河宇宙線の重粒子の合計、Fig.2A）、#94は閾値以上の高エネルギー粒子（銀河宇宙線の重粒子、Fig.2B）を計測。D-Spaceの地球磁気圏外における陽子と銀河宇宙線の実測上での寄与・比率を示す。

#### 4. 地磁気圏外の線量予測とOMOTENASHI探査機での実測比較

OMOTENASHI探査機およびD-Spaceの形状、質量、構成コンポーネントおよび材料を90%程度まで反映できたPHITS用3Dモデルを用いて、打上げ当日の宇宙放射線環境を再現した放射線挙動計算コードPHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System) による地磁気圏外の宇宙放射線の挙動解析を行い、OMOTENASHI探査機上のD-Space線量計に対する荷電粒子の検出効率を評価・補正し、最終的な線量算定を行った。2式の検出器のセンサ中心部からの平均遮蔽厚は、それぞれ11g/cm<sup>2</sup>で、ISS日本実験モジュール「きぼう」船内と比較すると1/3程度の遮蔽環境である。

シミュレーション評価にあたり、導入する宇宙線モデル（太陽活動極小期、過去の太陽フレアワーストケース）と太陽活動による宇宙線フラックス変化（OMOTENASHIが運用した年2022年の最大/最小ケース）を考慮した線源条件でも評価した。OMOTENASHI探査機から送られたテレメトリデータからのカウント値を照射試験による特性評価結果をもとに線量補



正し、搭載環境を模擬したPHITSシミュレーション評価結果を組み合わせた近似により、軌道上の被ばく線量の算定を行った。Fig. 5に示す通り、テレメトリデータと検出効率を考慮したD-Spaceの線量算定結果（実測）と、OMOTENASHI探査機の放射線環境を模擬したシミュレーションでの被ばく線量の予測結果では、10%以内で線量が一致している<sup>16-18)</sup>。

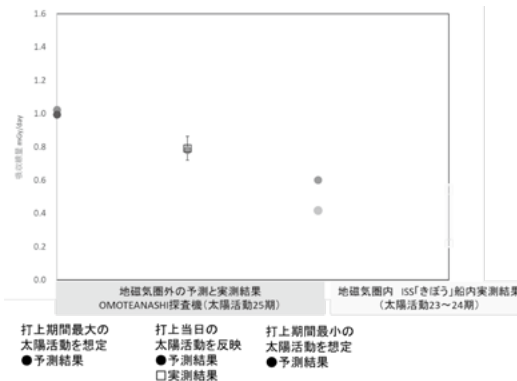


Fig. 5 OMOTENASHI探査機に搭載したD-Spaceの予測評価と実測評価<sup>16-18)</sup>。  
D-Spaceは2個搭載しているため、探査機上の位置の違いによる予測結果を各条件2点示す。参照：遮蔽環境および太陽活動が異なるが、ISS「きぼう」船内の吸収線量の比較。いずれも太陽活動が静穏時期の計測結果を示す。

## 5. おわりに

NASA Artemis I号機の相乗り衛星OMOTENASHI探査機に搭載されたD-Space線量計を用いて、日本初の月周辺環境の宇宙放射線計測（太陽活動が静穏レベルの時期）を行った。宇宙放射線は地球の磁場によって遮蔽されるため、有人月探査や火星探査の際には、低高度地球周回軌道を飛翔する国際宇宙ステーションより被ばく線量の厳しい環境が想定され、OMOTENASHIの計測結果はそれを裏付ける結果となった。打上げ当日は太陽活動が静穏時であったが、今後、長期の地磁気圏外観測により、太陽フレア発生時などの観測が継続できることで、地球磁気圏外での宇宙放射線環境に関する知見が高まることが期

待される。また、宇宙線モデル・太陽活動による宇宙線フラックス変化、宇宙構造をよく反映した線量評価を行うことで、地磁気圏外での精度の高い線量予測技術の獲得も実証することができた。

月遷移軌道の被ばく線量計測の結果や当日の太陽活動を反映した被ばく線量予測技術は、今後の月面有人探査活動における被ばくや放射線影響の低減、放射線防護技術・遮蔽設計において、極めて重要なキー技術である。

OMOTENASHI探査機は月面着陸もミッション目的としていたため、打上げ当日の運用異常後は月フライバイに向けた定期的な制御コマンドの送信や、太陽電池に太陽光が当たり始める解析時期での運用再開と各種搭載装置の性能確認を試みたが、復旧運用には至らなかった。OMOTENASHI探査機の開発打上げから機能確認、D-Space観測機器の軌道上実証までのミニマムサクセスは達成できたものの、実施できなかった月面着陸と運用以上の原因究明過程は、次の国内外の超小型探査機への開発のための貴重な獲得技術となった。

OMOTENASHIミッションで得られたD-Spaceの開発成果は、月・火星探査に向けた宇宙飛行士の個人被ばく線量やライフサイエンス実験の個々の生物試料の放射線生物影響を定量的に評価するための、リアルタイムデータ取得ができる、数十gオーダーの超小型線量計への利用にも期待されている。

D-Spaceは、ESA/NASA/JAXAでの国際協力により、2025年以降に打上げ予定のGateway HALO船内の宇宙放射線環境評価のための国際共同ミッション（IDA：Internal Dosimeter Array）計画への搭載が決定している<sup>19-21)</sup>。ISSに長年搭載実績を持つPADLES線量計もD-Space線量計内に組み込んで搭載される予定で、月周回軌道の宇宙放射線環境を評価するために必要な物理量計測量、宇宙飛行士の被ばく管理等に必要な被ばく線量計測評価を行う計画である。現在、Gateway搭載用D-Spaceのエンジニアリングモデル開発が進み、搭載

するHALO内搭載機器との噛み合わせ試験や環境試験を実施中である<sup>19,21)</sup>。

## 謝 辞

本研究は、放医研重粒子線がん治療装置HIMACの共同利用採択実験の一環として行われ、HIMAC所内対応者の皆様にご協力を頂いた。線量算定は、PHITSを開発した日本原子力研究開発機構との共同研究による協力の成果である。

D-Space線量計のNASA SLS-1による打上げにあたり、OMOTENASHIチームの探査機開発、軌道上運用、地上解析システムにご支援を頂いた。D-Spaceの軌道上実証および日本初の地磁気圏外かつ月遷移軌道における宇宙放射線の線量計測機会の成功は、OMOTENASHIミッションに関わられた全員の成果であることを強調し、ここに感謝申し上げる。

## 参考文献

- 1) 鈴木良一, 大口裕之, 個人向け放射線線量計 “D-シャトル” の開発, RADIOISOTOPES, 67, pp447-452, 2018
- 2) 寺沢和洋, 永松愛子, 榊田大輔, 勝田真登, 島田健, 藤田康信, 西啓輔, 上野遥, 北村尚, 小平聡:「超小型アクティブ宇宙放射線線量計の開発と巡へい効果の実測」, HIMAC共同利用研究成果発表 (2017)
- 3) 寺沢和洋, 池田直美, 永松愛子, 榊田大輔, 勝田真登, 藤田康信, 鈴木良一, 島田健, 西啓輔, 北村尚, 小平聡, 超小型能動型宇宙放射線線量計の開発, 第78回応用物理学会 秋季学術講演会 (2017)
- 4) 寺沢和洋, 榊田大輔, 永松愛子, 明石小百合, 福山誠二郎, 鈴木良一, 小平聡: 超小型能動型宇宙放射線線量計の開発, 第80回応用物理学会 秋季学術講演会 (2019)
- 5) 永松愛子: 低地球軌道から国際宇宙探査に向けたJAXAの宇宙放射線環境計測について, 個人線量測定機関協議会 (2019)
- 6) 中西大樹, 永松愛子, 寺沢和洋, 鈴木良一, 小平聡: 超小型能動型宇宙放射線線量計D-Spaceの開発, 第58回アイソトープ・放射線研究発表会 (2021)
- 7) 中西大樹, 永松愛子, 相田真里, 寺沢和洋, 鈴木良一, 小平聡: Gateway向け超小型能動型宇宙放射線線量計D-Spaceの開発, 第69回応用物理学会 春季学術講演会 (2021)
- 8) 永松愛子, 中西大樹, 相田真里, 寺沢和洋, 藤田康信, 鈴木良一, 小平聡: OMOTENASHI搭載用 超小型能動型宇宙放射線線量計D-Spaceの開発, 第69回応用物理学会 春季学術講演会ハイライトセッション (2021)
- 9) ISASニュース ISSN 0285-2861No.488 2021年11月号P7, [https://www.isas.jaxa.jp/feature/eq\\_om/eq\\_om\\_12.html](https://www.isas.jaxa.jp/feature/eq_om/eq_om_12.html)
- 10) A. Nagamatsu, K. Murakami, K. Kitajo, K. Shimada, H. Kumagai, H. Tawara., “Area Radiation Monitoring on ISS Increments 17 to 22 Using PADLES in the Japanese Experiment Module Kibo”, Radiat. Measurements 59, 84-93 (2013)

- 11) Tatsuaki Hashimoto, et.al, Nano Semihard Moon Lander: OMOTENASHI, Feature Article: DOI: No. 10.1109/MAES.2019.2923311
- 12) Tatsuaki Hashimoto, et.al, Ready for Launch: CubeSat Moon Lander OMOTENASHI, ISTS, 2022
- 13) Tatsuaki Hashimoto, et.al, Development of CubeSat Moon Lander OMOTENASHI”, IAC-17-A3.2A.10, IAC 2020 Cyber Space Edition
- 14) Tatsuaki Hashimoto, et.al, In-orbit Operation of CubeSat Moon Lander OMOTENASHI, ISTS,2023
- 15) Satoshi Furukawa, Aiko Nagamatsu, Akihisa Takahashi et.al, Space Radiation Biology for “Living in Space, Biomed Res Int, 2020 Apr 8;2020:4703286. doi: 10.1155/2020/4703286, eCollection (2020).
- 16) 文部科学省宇宙開発利用部会 (2023年6月27日) 資料, SLS搭載超小型探査機プロジェクトの状況, [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/059/kaisai/1423010\\_00027.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/059/kaisai/1423010_00027.htm)
- 17) 永松愛子, 中西大樹, 鈴木良一, 寺沢和洋, 藤田康信, 会田圭佑, 明石小百合, 佐藤達彦, 橋本樹明, OMOTENASHI搭載用 超小型能動型宇宙放射線線量計D-Spaceによる宇宙放射線計測, 第70回応用物理学会 春季学術講演会 (東京) (2023)
- 18) 永松愛子, 中西大樹, 鈴木良一, 寺沢和洋, 藤田康信, 会田圭佑, 明石小百合, 佐藤達彦, 橋本樹明, OMOTENASHI搭載用超小型能動型宇宙放射線線量計D-Spaceによる宇宙放射線計測, 第67回宇宙科学技術 連合講演会 OS21-2 超小型探査機を用いた月以遠深宇宙探検セッション 1 (2023)
- 19) Aiko Nagamatsu, JAXA space radiation dosimetry with PADLES/D-Space part of the IDA (Internal Dosimeter Array) project, #1Gateway Heliophysicsand Space Radiation Working Group WS, 2022 8 Nov. (2022)
- 20) 中西大樹, 永松愛子, 寺沢和洋, 藤田康信, 鈴木良一, 小平聡, Gateway搭載用向け超小型能動型宇宙放射線線量計D-Spaceの開発状況, 第70回応用物理学会 春季学術講演会 (東京) (2023)
- 21) 月周回有人拠点Gateway (ゲートウェイ) での科学利用! <https://humans-in-space.jaxa.jp/news/detail/003547.html>

## 著者プロフィール

宇宙航空研究開発機構 宇宙探査イノベーションハブ 参事および「有人宇宙技術」分野の研究領域リーダー。高エネルギー加速器研究機構 客員教授。1999年よりNASDA/JAXAにて、国際宇宙ステーション日本の宇宙実験棟「きぼう」における受動積算型線量計PADLESを用いた宇宙放射線被ばく線量計測 (宇宙飛行士の個人被ばく線量計測、「きぼう」船内の定点環境モニタリング)、放射線生物影響研究およびライフサイエンス実験技術開発を担当。国際宇宙探査に向けた宇宙放射線に対する計測・軌道上シミュレーション評価を含む遮蔽防護技術開発に従事。火星衛星探査計画 (MMX) 衛星に搭載する惑星空間放射線モニタIREM開発責任者の実績を持ち、現在は、月近傍拠点Gateway搭載超小型線量計D-Spaceの開発責任者/代表研究者を務める。2020年より、月近傍拠点Gatewayを含むArtemis計画の、宇宙放射線研究および宇宙天気分野の日本側POC (Point of Contact) およびJAXAプログラムサイエンティストとして国際調整を担う。

# ICRP2023(第7回放射線防護体系に関する国際シンポジウム)開催報告

神田 玲子\*<sup>1</sup>・川口 勇生\*<sup>2</sup>

ICRP2023の開催の経緯は、2020年にICRP関係者間で日本での開催が検討されたところからスタートする。その後、我が国の行政機関やアカデミアならびに事業者とその関係者が関与して会議の骨格が形成され、多くの国際機関や海外機関が関与してプログラムが作成された。

筆者らは、ICRPから量子科学技術研究開発機構（以下、QST）がホスト機関としての打診を受けて以降約3年間、ICRPの科学秘書官補佐とともに、ICRP2023の準備と開催のため奔走することになった。そこで本稿では、ホスト機関の「裏方」の視点で、このイベントの舞台裏についてまとめてみたい。

## 1. ICRPシンポジウムについて

国際放射線防護委員会（以下、ICRP）は、放射線防護の枠組みを策定している国際的な非営利団体であり、ICRPが策定した防護体系は本邦の放射線規制体系にも取り入れられ、その基盤となっている。ICRPは放射線防護体系構築の透明性を高めるため、現在最新のICRP主勧告である2007年勧告時に公開意見募集を行い、ICRP勧告や刊行物の策定に幅広いステークホルダーが関与する機会を設けた。一方で、策定の前により幅広い情報収集や意見交換を行うことを目的として、ICRPシンポジウムの開催を決定し、2011年にアメ

リカで第1回シンポジウムが開催された。第1回シンポジウムでは35か国から400人程度が参加し、主に活動中のタスクグループに関して、講演や質疑が行われた。以降隔年で、UAE（2013年）、韓国（2015年）、フランス（2017年）、オーストラリア（2019年）、カナダ（2022年：コロナ禍のため1年順延）で開催されている。2015年以降はICRPシンポジウムに合わせて、各国の放射線防護に関する学会が同時期に開催されることもあり、開催国の放射線防護関係者と世界的な交流が行われるきっかけにもなっている。これまでのICRPシンポジウムのプログラムやプロシーディング及び講演資料・映像はICRPのウェブサイトで公開されている（<https://www.icrp.org>）。

## 2. ICRP2023開催準備

ICRPシンポジウムの開催に関して、2020年より検討がなされ、ICRPとのワークショップやタスクグループ会合を開催してきた経緯から、QSTが日本側のホストになることの可否について検討依頼があった。検討内容としては、ICRPシンポジウム及び主委員会、各専門委員会の開催及び、参加者増加のための日本の放射線関連学会との連携であった。連携する学会としては、日本保健物理学会（以下、保物学会）及び日本放射線影響学会（以下、影響学会）がICRPから候補として上げられ

\*<sup>1</sup> Reiko KANDA 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学研究所 所長

\*<sup>2</sup> Isao KAWAGUCHI

放射線規制科学研究部 主幹研究員

たため、QSTから各学会に対し連携への意向について打診した。また、会場は、QSTがある千葉や東京、横浜を含めて検討するように依頼された。

2021年に入り、本格的に検討を行うため、保物学会、影響学会からの代表も含めて現地組織委員会を立ち上げ、会場候補や予算、開催方式について検討を開始した。国内学会との開催方式については、ICRP2015及びICRP2021では別開催、ICRP2017では欧州放射線防護週間との合同開催、ICRP2019では並行開催となっており、それぞれのメリット・デメリットについて検討し、各学会において検討が行われた。また、参加者増加のため他の学会へのアプローチ方法についても検討が行われた。開催方式に関して各学会での検討の結果、合同開催はICRP2023への参加者は増加すると予想されるものの各学会からの参加者は通常の国内学会の時と比較して減少すると予想されたため、ICRP2023とは独立して並行開催し各学会の参加者を確保し、学会会場をICRP2023と同一施設もしくは近隣施設とすることとなった。また、ポスター会場を同一会場とすることで国内学会参加者とICRP2023参加者の交流を促すことも合意された。保物学会と影響学会以外については、同様に並行開催を行うと会場の確保が難しくなるため、ICRP2023のサテライトイベントとしてICRP2023の開催期間前後で開催する方式が提案され別途募集されることとなった。開催規模が確定したことから、ICRP科学秘書官であるClement氏や藤田科学秘書官補佐（当時）および甲斐ICRP主委員会委員が会場を直接視察し、会場、ホテル、交通アクセス、近隣施設の状況を総合的に検討した結果、「グランドニッコー東京台場」に決定した。

一方、シンポジウムプログラムについては通常前回シンポジウムが終了してからプログラム委員会を立ち上げて検討していたとのことだったが、コロナ禍のため第6回ICRPシン

ポジウム「ICRP2021」が1年延期になったことにより、プログラム委員会の立ち上げがICRP2021の開催と並行して立ち上がることとなり、実質的なプログラムの検討は、2022年11月の「ICRP2021+1」終了後となった。プログラム委員会は、ICRPの主導のもと、ICRP、QST、保物学会、影響学会の代表から構成された。

### 3. ICRP2021+1からのフィードバック

\*\*\*\*\*

コロナ禍での開催となったICRP2021+1はシンポジウム初のオンライン参加方式（ポスター発表のみ）も採用された。一方で現地参加のポスターもe-poster方式となったため、会場でポスターについての議論がほとんど行われず、ポスター発表を行った現地参加者からはICRP2023では現地でのポスター発表は行った方が良いというフィードバックがあった。また、オンライン参加登録はポスター閲覧のみとなっていたため、ICRP2023ではオンライン参加者はライブセッションも配信することとなった。配信方式については、同時配信はトラブルが起りやすいため、収録動画を翌日に配信を行うオンデマンド配信方式とすることとなった。また、ポスターのオンラインプラットフォームについては、ICRP2021+1と同じプラットフォームを使用することとなった。

また、会場にてオンラインのみのポスター発表等を閲覧するためのモニターを準備することも提案され、設置することとなった。

### 4. プログラム

\*\*\*\*\*

ICRP2023の議論では、現行の放射線防護体系の基礎となっているICRP2007年勧告の改訂について本格的に開始することが目的とされた。ICRPは2007年勧告の改訂に先立ち、「Keeping the ICRP Recommendations Fit for Purpose (Clement et al. 2021)」及び「Areas



of research to support the system of radiological protection. (Laurier et al. 2021)」を公開しており、ICRP2023のプログラムは両論文を踏まえるとともに、日本における開催意義も考慮して策定されることとなった。テーマとしては「The Evolution of Radiological Protection: Science and Beyond (放射線防護の進化：科学とその先へ)」と決まり、ICRP2021+1の終了後から毎月1回のペースで開催され、各セッションのテーマが決定された。セッションテーマの決定後は、座長候補の推薦が行われ、セッションでの講演者は座長が指名し参加確認を行うこととなった。

また、基調講演の候補者については、ICRP前主委員であり長年日本の放射線影響研究所の第一人者として活躍されている放射線影響研究所の丹羽太貫理事長（当時）と、重粒子線治療に長年取り組まれている、放射線医学総合研究所・元理事の辻井博彦氏が推薦され、ご講演いただくこととなった。

最終的なプログラムについては、文末のURLからご覧いただける特設サイト内に講演者を含めて記載した。構成としては被ばく線量を超えて：放射線防護におけるウェルビーイング、次期主勧告のための線量測定法、コミュニケーション、福島第一原子力発電所事故の経験により放射線防護はどう改善されるのか、次世代を担う科学者・専門家、階層化と個別化、持続可能な開発と環境防護、影響の分類、被ばくのカテゴリーと状況、耐容性と合理性、子孫と次世代、放射線の緊急事態、放射線治療における画像診断、正当化、イオンビームと標的アルファ線治療における放射線防護、放射線デトリメント、その他のリスク指標とその応用、影響と線量反応：がん・循環器疾患・およびそれ以外、専門知識の強化と社会的認知の向上など18の科学的セッションが決定された。

## 5. サテライトイベント

影響学会及び保物学会以外にICRP2023への学術団体の関与として、サテライトイベントを設定し、公募を行った。最終的には、日本放射線技術学会・日本診療放射線技師会、日本原子力学会バックエンド部会、日本放射線安全管理学会、日本リスク学会、環境科学技術研究所・影響学会、白内障研究班・日本白内障学会、日本核医学会・日本核医学技術学会、日本医学物理学会が採択され、ICRP2023前後シンポジウムやワークショップ等を開催した。

## 6. 若手研究者

ICRP2023でのプログラムに策定時に検討された重要な項目の一つが、若手研究者の参加促進であった。ICRP2021+1において、若手研究者のためにICRP前委員長のClaire Cousin氏が賞を創設しており、ICRP2023でも引き続きCousin賞の最終候補者の講演が行われることとなった（図1）。また、併せて国際放射線防護学会（IRPA）の若手ネットワークと保物学会の若手ネットワークのセッションも行われることとなった。さらに、若手研究者に発表の場を設ける一環として、各セッションのポスター発表やビデオ発表を要約して発表するラポーターを置き、若手研究者を当てることとなった。各セッションのラポーターについては、プログラム委員会にて座長と共に推薦があり、決定された。



図1 Cousin賞の最終候補者の表彰式  
Gala dinner内で行われた

## 7. 参加登録と発表登録

\*\*\*\*\*

ICRP2023のwebsiteが2023年3月に立ち上がり、続いて参加登録が開始された。続いて、発表登録サイトが5月に公開され、ポスター発表等の公募が開始となった。登録開始当初は新型コロナウイルス感染動向が懸念される状況であったが、新型コロナウイルス感染症が5類に移行されたことで、現地開催は可能性が高まった。一方で参加登録は6月末までで50人程度の登録となっており参加者数の確保については常に懸念材料であった。発表登録締め切りや参加登録料早期割引の締め切りがあった8月初旬になると270人程度まで参加登録者が増加したため、参加の規模としては一定数が確保できる見通しが立ち、安心して準備を進めることができた。その後、当初の懸念を吹き飛ばす勢いで参加登録は増加し、8月末で400人弱、9月末で530人強の登録となった。ある程度の増加は想定されていたため、会場側と会場の拡張の可否は検討していたが、それでもメイン会場で収まらないかもしれない事態も検討する必要が出てきたが、最終的には参加者が708人（内オンライン76人）となり、参加登録を打ち切る事態とならずに済むこととなった。

また、ポスター発表については現地参加200件及びオンライン発表のみが75件の発表があり、これらに加えて影響学会から111件及び保健物学会から55件のポスター発表があった。現地のポスター会場は、議論と交流の場として



図2 ICRP2023、影響学会、保健物理学会のポスターが掲示された会場風景

盛り上がった反面、ポスターセッションの時間が短かったという点はICRP2025へのフィードバックとしたい（図2）。

## 8. 食事等

\*\*\*\*\*

国際シンポジウムは世界各国から参加があるため、食事は重要な検討事項の一つである。ICRPシンポジウムでは、レセプション、Gala dinner、昼食を用意することとなっており、レセプションやGala dinnerは専用の会場でビュッフェ形式をとることで、食事に関する制限を参加者個人が選択することで回避することを選択した（図3）。一方で昼食についても当初はビュッフェ形式を想定していたが、現地参加者が予定人数を大幅に上回ったことから、確保できるスペースではビュッフェ形式で提供することは難しいとの会場側からの回答があり、弁当を配布する形式となった。ハラル、ビーガンについては会場での対応ができないとのことで、ベジタリアン弁当と通常の弁当を用意することとなった。



図3 ICRP2023初日に開催されたウェルカムレセプション

ICRPシンポジウムでは、毎回Gala dinnerで開催地にちなんだイベントがある。2017年のパリではバンド演奏、2019年のアデレード及び2021+1のバンクーバーでは先住民の舞踊があった。ICRP2023においては、Gala dinnerに時間制約があったため、短時間で日本らしいものという点から検討した結果、鏡割りと氷の彫刻となった（図4）。



図4 Gara dinnerで行われた鏡開きと氷の彫刻

## 9. 運 営

参加登録や運営については国際会議運営業者に委託しており、参加登録時及び会場運営については、大きな問題は起こらなかった。一点だけポスターボードについては、当初のボードでは掲示時に複数枚倒れてしまうということが起こったため、1日目終了後に急遽ボードの入れ替えを行い、参加者の安全性の確保に努めた。

昼食については、配布場所を2箇所で人数をかけて配布できるように努め、想定よりも短時間で配布することができた。一方で、食事場所については参加者が多くなってしまったため急遽空いている会議室を手配したが、案内が至らずテーブルが十分ではない状況となり、参加者に不便をかけることとなった。

最終的に大きなトラブルもなく、ICRP2023を終了することができた。終了後、ICRP委員などから、運営や会場について満足であるとの感想をいただいたため、シンポジウム運営は成功したのではないかと考えている。

これは、藤田氏と安宗氏という2代にわたるICRP科学秘書官補佐の献身的な働きによるところが大きい。3年間、ホスト機関の「裏方」である我々(図5)に並走し、助けてくれた両者に心から感謝したい(図6)。



図5 ICRP2023終了直後の晴れやかな「裏方」の様子



図6 RühmICRP委員長と談笑する安宗氏、藤田氏と筆者

## 10. 謝 辞

本シンポジウムは㈱千代田テクノルより寄付をいただき開催した。ここに御礼申し上げる。

第7回ICRP国際シンポジウム  
“ICRP2023” 全プログラム

[https://icrp2023.jp/wp-content/uploads/2023/11/ICRP2023\\_FullProgramme-v3\\_DIGITAL.pdf](https://icrp2023.jp/wp-content/uploads/2023/11/ICRP2023_FullProgramme-v3_DIGITAL.pdf)





コラム  
63th  
Column

中川 恵一

東京大学医学部附属病院

## YouTubeでがん情報

インターネットやスマートフォンの普及により、様々な情報が簡単に入手できるようになっています。がんについても、ネットは重要な情報源ですが、科学的根拠のない内容も氾濫し、本当に正しい情報を取捨選択して手に入れることが難しい時代になっています。私自身も、インターネットによって誤った情報を信じ込み、命を落とした患者を数多く見てきました。

2023年8月、グーグル傘下の動画投稿サイト「YouTube」は、誤ったがん治療に関する動画の削除を開始したと発表しました。

YouTubeは以前から、人権侵害につながる情報や、新型コロナウイルスのワクチンなどに関する誤った医療情報などを削除の対象にしてきました。がんに関しては「世界的に最も多い死因の一つで、誤った情報が広がりやすい」として新たに誤情報削除の対象に加えました。

削除の対象として、「ニンニクでがんが治る」、「放射線治療の代わりにビタミンCを摂取しよう」といった例が示されています。患者を誤情報から守るという観点では高く評価したいと思います。

私が議長を務める、厚労省の国家プロジェクト「がん対策推進企業アクション」でも、ホームページやメールマガジンなどを通じた情報発信を行い、職場でのがん対策の啓発活動を行っています。

とりわけ、「科学的根拠に基づいた、がんに関する正しい情報発信」や、「ヘルスリテラシーの向上」を目的として配信しているYouTube動画コンテンツが好評で、2020年10月の配信開始以来、すでに50ものタイトルが公開され、総再生数は30万回を突破しています。

なかでも「放射線治療の体への負担と治療費は？日本ではなぜ知られていない？」のタイトルは単体で5万回以上も再生されています。欧米と比べて日本では普及が遅れている放射線治療にも注目が集まっていることもうかがえます。

最近では「視聴者からの質問編」や、「がんサバイバーとの対談編」などを展開し、ごく身近にある話題から、医療者とのコミュニケーションの方法など、様々なコンテンツを配信しています。

今後は、「がんに関する誤解、迷信」についても発信していく予定です。

「企業アクション」で検索すれば誰でも閲覧することができます。1本あたり3～5分の動画に編集されていますから、通勤時間にスマートフォンで手軽に視聴できる内容です。

興味がありそうなタイトルだけでも、ぜひ一度視聴してみてください。放射線治療への理解も間違いなく進みます。

- がん対策推進企業アクション  
<https://www.gankenshin50.mhlw.go.jp/movie/index.html>



教えて中川先生！

がんって何？  
がんになっても働けますか？





# ラディエーションモニタリングセンター青森 測定ライン複線化の紹介

ラディエーションモニタリングセンター青森 センター長 渡邊 哲也

ラディエーションモニタリングセンター青森（RMC青森）が六ヶ所村で稼働開始してから、約6年が経過しました。今回は複線化した測定ラインとRMC青森について紹介いたします。

RMC青森のある青森県は、四季折々の絶景を繰り広げる奥入瀬溪流や十和田湖、某アニメ映画のモデルになったと言われる白神山地をはじめ、海岸には千畳敷や仏ヶ浦などの景勝地を擁する自然豊かな所です。

それ故、自然が育んだ山海の幸にも恵まれています。多くの方がマグロ、ホタテ、イカなど枚挙にいとまがない海産物とリンゴ、ニンニクをイメージされるのではないかと思います。隠れた出荷量日本一がゴボウです（2019年現在）。また、六ヶ所村では長イモの生産と畜産が盛んに行われており、牛乳はふるさと納税の返礼品として人気を集めています。

そんな六ヶ所村のもう一つの顔がエネルギー産業です。下北半島縦貫道路周辺は、薄野原にさまざまな関連業種の大規模施設が点在し、ゆっくりと回転する風力発電の大風車が並ぶ景色を見ることができます。

RMC青森は六ヶ所村が拠点である地の利を生かし、日本原燃株式会社様並びに同協力企業様を対象に10時間以内の緊急測定結果報告、定期回収後から報告までの日数短縮と、スピーディな測定サービスを展開してきました。

ここからはガラスバッジの構造と測定ラインを紹介します。

## ◎ガラスバッジの構造

ガラスバッジは図1に示すX・ $\gamma$ 線、 $\beta$ 線を測定するガラスプレート（GP）と、中性子を測定するプラス

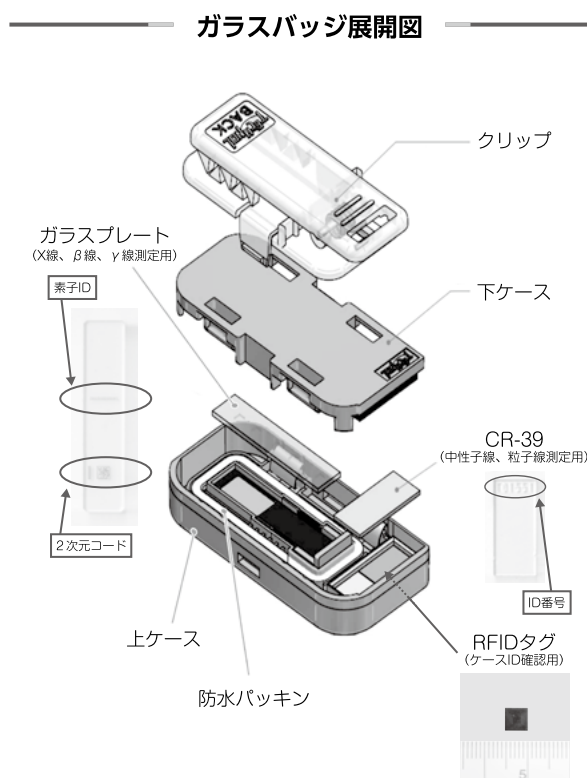


図1 ガラスバッジの構造

チック製の個体飛跡検出器であるCR-39\*の2種類の検出子がセットされています。（\*中性子測定用ガラスバッジにのみセットします。）

測定ラインは、このガラスバッジを分離し、検出子を測定して放射線の測定結果を報告した後、再処理したGPと新しいCR-39をセットして組み立てするためのラインです。

次に工程に沿った測定ラインを紹介します。

## ◎測定ラインのご紹介

測定ラインでは、ガラスバッジの組立・分解や、検出子の測定による放射線の測定結果の報告を行います。図2は測定ラインの工程と使用する装置を示しています。

各工程の処理内容を簡単にご説明します。

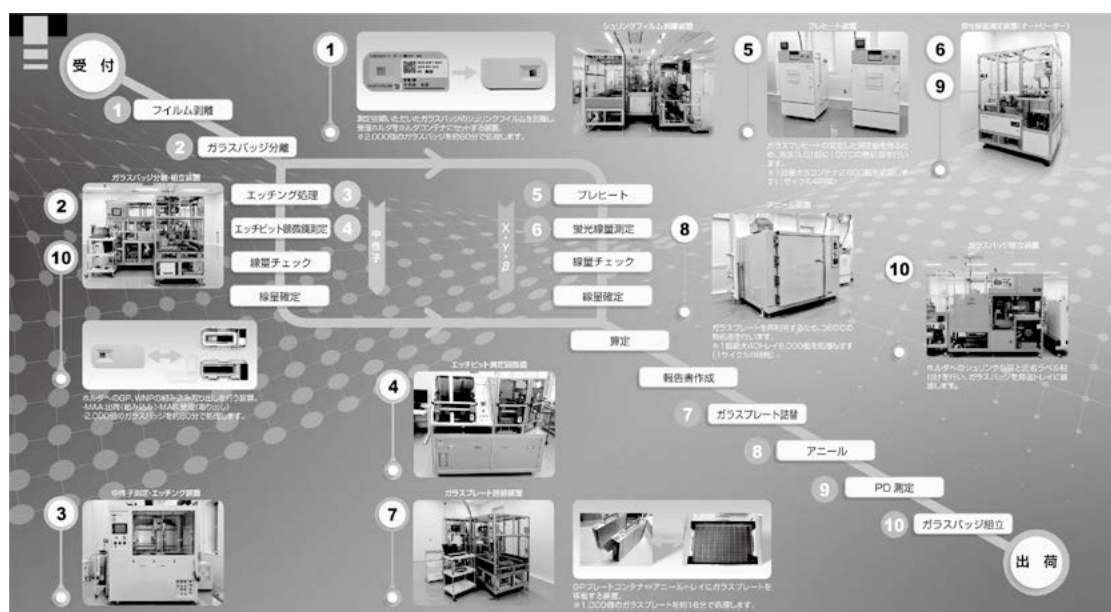


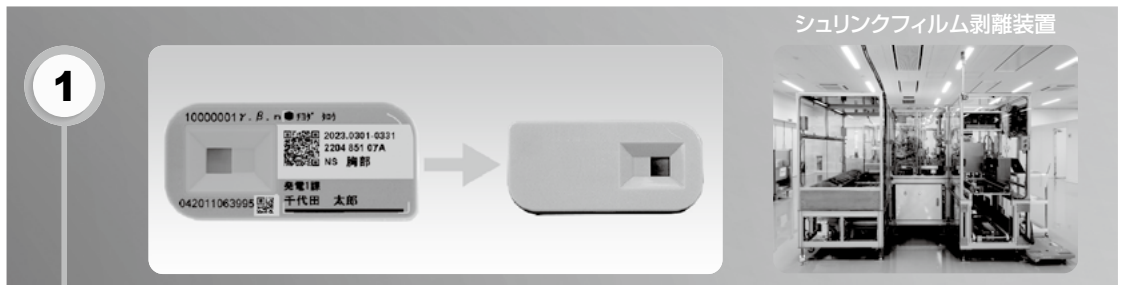
図2 測定ラインの工程と使用する装置

### ☆受付工程（測定前処理）

お客様から測定のご依頼をいただいた使用済みのガラスバッジは、RMCに到着すると受付工程にて検出子の状態に分離します。

#### ①シュリンクフィルム剥離

受付したガラスバッジは、シュリンクフィルム剥離装置にかけ、シュリンクフィルムと氏名ラベルを剥離した後、水色のケース（ホルダ）を専用のコンテナへ格納します。



## ② ガラスバッジ分解

コンテナに格納されたホルダを、分離・組立装置で分解し、GPとCR-39を取り出します。また、出荷前の組立時(⑩)にはGPとCR-39をホルダに取り込み、ガラスバッジの組立を行います。



## ☆測定工程

受付工程で分離された検出子から測定値を計測し、線量測定を行います。測定工程はCR-39とGPに分かれて処理を行います。

(中性子測定)

### ③ エッチング処理

CR-39は、エッチング装置により強アルカリ溶液でエッチング処理し、中性子が入射した跡を次工程の顕微鏡で観察可能なエッチピットと呼ばれる穴に成長させます。



### ④ エッチピット測定

エッチピット測定顕微鏡で、エッチピットの数を計測して中性子線量を求めます。



(X・ $\gamma$ 線、 $\beta$ 線)

#### ⑤プレヒート処理

GPは、100℃ - 30分のプレヒート（熱処理）を行い、測定値を安定させます。



#### ⑥蛍光量測定

蛍光線量測定装置のレーザーで刺激を与えて  
蛍光量を読み取り、測定値を計測します。

その後、線量計算用のアルゴリズムを介して測定線量を求めて報告書を発行します。

#### ☆測定後工程

測定工程で報告線量を確定したGPは、再利用のためのアニール（熱処理）にて放射線情報をリセットし、プレドーズ（初期値）の測定を行います。

#### ⑦ガラスプレート詰め替 ⑧アニール処理

報告線量を確定したGPは、ガラスプレート詰め替え装置で耐熱用アニールトレイに移載し、  
アニール装置により360℃のアニール（熱処理）を行うことで放射線情報をリセットします。  
アニール装置は、1回で最大8,000個のGPを処理する能力があります。





### ⑨PD（プレドーズ：初期値）測定

蛍光線量測定装置を使用して、アニール後の個々のGPの測定値を測定し、プレドーズ（初期値）として管理システムに登録します。

### ⑩ガラスバッジ組立

⑦から⑨の工程を経て検査合格したGPと、新しいCR-39を②のガラスバッジ分離・組立装置でホルダに取り込みガラスバッジを組み立てます。

更に、シュリンク包装と氏名ラベルを貼り付けて、皆さまの元へお届けしています。

この度、RMC青森では処理能力の拡充を実現するため、測定ラインの増強を行いました。昨年初頭、中性子測定に使用する装置（③、④）の増強を行い、その後ガラスバッジの分離・組立に使用する各装置の増設を行うことにより、従来に倍する処理能力を有することとなりました。

今後は、より多くのお客様にガラスバッジをご提供してまいります。また、RMC大貫台（茨城県大洗町）とのさらなる連携強化により、ガラスバッジサービスの安定稼働に努めてまいります。

今後とも、弊社ガラスバッジサービスをご愛顧いただきますよう、お願いいたします。



図3 測定ラインの増強



前者は2014年11月に発刊され、Q&Aの形式でまとめられていてAを主に一般社団法人日本画像医療システム工業会（JIRA）医用システム部会DICOM委員会が執筆している。本書は医用機器の通信手順であるDICOMに関する入門書として奥田先生から提案され、DICOM委員会が協力して完成したもので、なにもわからない初心者の聞いたら恥ずかしいと思えるQ(?)も多く含まれている。本書はこの手の本の第1弾として発刊されたもので、DICOMの関連する技術分野全般にわたって広く言及している。

| 目 次                                |     |
|------------------------------------|-----|
| 1. DICOM .....                     | 1   |
| 2. RISとモダリティ .....                 | 7   |
| 3. PACSとモダリティ .....                | 13  |
| 4. 画像保存 .....                      | 25  |
| 5. Viewer関連 .....                  | 35  |
| 6. Viewerで受信した画像と画像情報<br>の表示 ..... | 49  |
| 7. 計測 .....                        | 59  |
| 8. 文字表示 .....                      | 63  |
| 9. 印刷・出力 .....                     | 69  |
| 10. 可搬型外部媒体 .....                  | 73  |
| 11. ワークステーション .....                | 83  |
| 12. レポート機能 .....                   | 85  |
| 13. 動画 .....                       | 91  |
| 14. 治療 .....                       | 99  |
| 15. 歯科 .....                       | 103 |
| 16. 線量管理 .....                     | 105 |
| 17. DICOM規格のサービス .....             | 113 |

最初のテキストブックであった「逆引きDICOM Book」は広範な場面での初心者の方の素直な質問を多数掲載したが広く浅くなってしまう感は否めず、2発目のテキストは「逆引きDICOM Book Plus」と称して回答者をDICOM委員会から関連する専門委員会全体に拡大し、また質問もより高度なものを含めて推敲を重ねた。具体的には「逆引きDICOM Book」から6年を経過した間のJIRAへの質問や実務者の声をまとめ、「逆引きDICOM



Book Plus」では「医療被ばく」「医療画像モニタ」「セキュリティ」「レポート」の4項目に的を絞りを、より具体的なQを作り、それに対してシステム部会の4委員会がそれぞれの専門分野から回答を作り上げる形式とし2020年6月に発刊された。2冊とも こんな疑問誰に聞いたらいいのかわからない というところからスタートしているのでQのレベルはだいたい高度なものとなっているが、質問のレベルに差はあっても趣旨は同じであることが分かる。DICOMの全容を浅く広く知りたい人は1冊目を、さらに話題のトピックに関して詳細を知りたい人は2冊目の購読をお勧めする。

| 目次  |                        |    |
|-----|------------------------|----|
| 第1章 | 医療被ばく (DICOM委員会)       | 1  |
| 第2章 | 医用画像モニタ (モニタ診断システム委員会) | 29 |
| 第3章 | セキュリティ (セキュリティ委員会)     | 63 |
| 第4章 | レポート (画像診断レポート委員会)     | 81 |

(一般社団法人日本画像医療システム工業会 鈴木真人)

## サービス部門からのお願い

### ご使用者の変更連絡はお早めに

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださりまして誠にありがとうございます。  
年度替わりは、他の時期に比べて、ガラスバッジご使用者の変更手続きを多く受付けて  
おります。そのため、手続き完了までにお時間をいただく場合がございます。ガラスバッジ  
ご使用者に変更がございましたら、お早めにご連絡くださいますようお願い申し上げます。

なお、ガラスバッジご使用者の変更は、「[ガラスバッジWebサービス](https://www.c-technol.co.jp/)」からお手続きが  
可能です。(https://www.c-technol.co.jp/)

「ガラスバッジWebサービス」の入力操作に関するお問合せは、弊社 線量計測事業本部  
(☒ gbweb-toiawase@c-technol.co.jp) までお願いいたします。

**\*「ご使用者変更連絡票」はこちらまでFAX送信をお願いいたします**  
**測定センターFAX：0120-995-204 (無料)**

## 編集後記

- そろそろ桜の開花が楽しみな季節になってまいりました。  
一方、自宅の近所の庭には、見事な「源平咲き」をする  
綺麗な梅の木が道路沿いに1本あり、通勤時の目を楽し  
ませてくれています。季節の変化をゆっくり楽しむこと  
ができる平穏な日々感謝しつつ、このような日常を大  
切にしたいと思っています。
- さて、冒頭、JAXA永松愛子様より「民生部品をもとに  
開発した超小型能動型宇宙放射線線量計 (D-Space) の  
宇宙機実証がなされた瞬間」、「日本が初めての深宇宙  
線量情報を獲得した瞬間」について端的に分かりやすく  
解説頂きました。ミニマムサクセスとのことではありますが、  
今後の開発に大きな期待ができるサクセスであり、  
拝読して子供のように心が揺り動かされました。今  
後の技術開発に大いに注目・期待です。
- ICRPシンポジウム2023が昨年11月に東京で開催されま  
した。ホスト機関として奔走されたQSTの神田玲子様、  
川口勇生様に、その舞台裏をのぞかせて頂きました。こ

のような大きなイベントを成功裏に収めるための緻密な  
配慮やご苦勞がひしひしと伝わってきます。

- 東京大学医学部附属病院中川恵一様のコラム「YouTube  
でがん情報」で紹介頂いている「がん対策推進企業アク  
ションの動画」、是非ご覧ください。コンパクトで手軽に視  
聴でき、何度も膝を叩くこと請け合いです。
- 弊社2ヶ所目のラディエーションモニタリングセンター  
(略称RMC)であるRMC青森について紹介させて頂きま  
した。茨城県大洗町にありますRMCともども引き続き  
サービスの充実に努めてまいります。
- 『逆引きDICOM Book』発刊から6年。その続編とし  
て発刊された、「医療被ばく」「医療画像モニタ」「セ  
キュリティ」「レポート」の4項目に的を絞った『逆引き  
DICOM Book Plus』について、JIRAの鈴木真人様にご  
紹介いただきました。『逆引きDICOM Book』と合わせ  
て是非ご活用ください。(A.F.)

## FBNews No.567

発行日/2024年3月1日

発行人/井上任

編集委員/小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 古田悦子 青山伸 福田達也 藤森昭彦  
篠崎和佳子 高橋英典 東元周平 廣田盛一 丸山百合子 山口義樹

発行所/株式会社千代田テクノ

所在地/☎113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話/03-3252-2390 FAX/03-5297-3887

https://www.c-technol.co.jp/

印刷/株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体364円)