

- トップコラム／理化学研究所仁科加速器科学研究センター
宇宙放射線研究室 室長 玉川 徹
- 3 GeV高輝度放射光施設NanoTerasu／
[第3回]放射線安全システム
- 放射線のイロハ／[第1回]放射線・放射能の発見(近代科学の夜明け)
- お願い／ご担当者・送付先の変更手続きについて
- 製品紹介／RaySafe i3

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
268



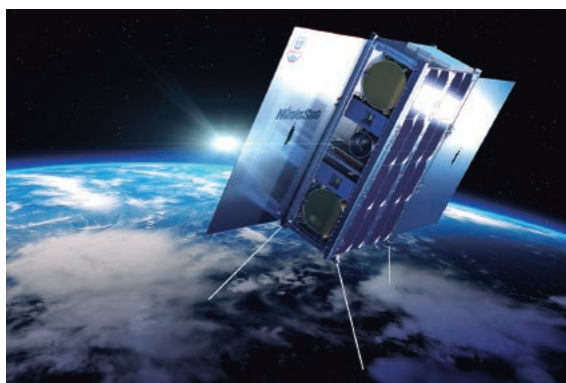
玉川 徹

ニュースペース時代の宇宙観測

読者の皆様は、「ニュースペース」という言葉を聞かれたことがあるだろうか。ここ10年で宇宙への敷居が驚くほど低くなり、多くのベンチャー企業が、宇宙空間を利用したビジネスに参加するようになった。これまで宇宙開発の主体はNASAやJAXAなどの国家宇宙機関であったが、民間企業の主導により、人工衛星の開発からロケット打ち上げ、運用までこなしてしまう、そのような

宇宙活動を総称した言葉が「ニュースペース」である。その特徴は、費用対効果の重視、速い意思決定、リスクを許容した短い開発期間などにより、スピード感を持って安価に宇宙開発を進められることである。実際、高度500 km付近の地球低軌道は商業圏として成り立っており、さまざまなビジネスモデルが競い合っている。

この「ニュースペース」の恩恵を、宇宙科学観測に活用できないものか?と考えるのは、自然な流れであろう。我々の研究グループは人工衛星に搭載した放射線検出器を用いて、ブラックホールや中性子星など、極限状態にある天体から到来する放射線(主にX線やガンマ線)を観測することを本務としている。これまではNASAやJAXAの大型科学衛星を用いて観測を実現してきたが、明るい天体であれば、ニュースペースで多用されているキューブサットと呼ばれる



軌道上のNinjaSat想像図。大きさは手持ちカバン程度。
(c)NinjaSat Team/RIKEN

超小型衛星を用いて観測を実現できると考えた。自前の衛星であれば、ある天体を長く占有観測することも可能であり、明るさが時間変動する天体の研究には最適である。また、開発期間が若手の研究サイクルである3~5年にマッチしており、人材育成の面でも優れたプログラムを実現することができる。そのような観点で2020年に始めたのが、超小型X線衛星NinjaSatプロジェクトである。

過酷な宇宙環境で使用可能な放射線検出器の製作は、我々にはお手のものなので、NinjaSatプロジェクトでは、衛星システム、ロケットによる打ち上げ契約、衛星運用を、民間企業(リトアニアの新興宇宙企業NanoAvionicsと三井物産エアロスペース)にお願いすることとした。それにより研究者が、本務である検出器開発と天体観測に集中できる環境が生まれた。NinjaSatは2023年11月11日に、イーロンマスクのSpaceXが提供する超小型衛星の乗り合いロケットにより、高度530 kmの宇宙空間に届けられた。コ

ロナ禍による中断を除き、実質2年半で装置を宇宙に送り出せたが、大型衛星であればプロジェクト立案から実現まで10~15年かかることを思えば、驚くべき速さであった。NinjaSatはこれから天体観測が始まり、いよいよ正念場を迎える。

ニュースペース時代における超小型衛星を用いた宇宙観測の実現について紹介したが、この枠組みを活用すると、天体観測に限ら

ず、ありとあらゆる科学実験が宇宙でお手軽に実施できる。例えば、生体や細胞に対する宇宙放射線の影響なども、宇宙で実地評価しやすくなる。もちろん、国家的宇宙機関にしかできないことも多くあり、相補的な関係であるのは言うまでもないが、今後、多くの人が興味を持ってニュースペースに参加されることに期待したい。

.....

■たまがわ とおる
理化学研究所仁科加速器科学研究センター 宇宙放射線研究室 室長
プロフィール●東京大学大学院理学系研究科博士課程修了、博士(理学)。原子核物理実験で学位取得後、宇宙物理に専門を移し、X線衛星による天体観測プロジェクトを推進する。理化学研究所研究員、准主任研究員などを経て、2018年より現職。宇宙からのX線を観測することにより、ブラックホールや中性子星などの極限天体の物理、宇宙における元素合成の歴史などの研究を行っている。人類の宇宙への進出に、基礎科学から貢献することにも興味を持っている。

3 GeV高輝度放射光施設NanoTerasu (第3回)

放射線安全システム

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子技術基盤研究部門 次世代放射光施設整備開発センター 高輝度放射光研究開発部 基盤技術グループ
萩原 雅之



1. 整備の現状

3 GeV高輝度放射光施設(NanoTerasu)は、国内で初めて、実験ホール全域(光学ハッチ、実験ハッチを除く)を非管理区域とする放射光施設として、令和4年10月に原子力規制委員会から使用の許可を受けた。令和6年4月からの運用開始に向けて、令和5年4月から段階的に登録検査機関による施設検査等を受検しつつ、加速器並びに放射光ビームラインの調整を進めている。本稿では、NanoTerasuの放射線安全システムについて紹介する。

2. 放射線安全システム

放射線発生装置を安全に運転するためには、施設がRI法で定められる技術上の基準及び許可の条件に適合するように維持しなければならない。NanoTerasuの放射線安全システムは、放射線発生装置の利用形態等を十分に考慮した上でRI法に定められたインターロックや自動表示のみならず①人の動きの制御、②ビームの制御、③情報処理の観点から取扱等業務に従事する者の放射線過剰被ばく防止に必要な複数のシステムから構成される。①に対しては、管理区域や運転時立入禁止区域(加速器トンネル及び光学ハッチや実験ハッチ)の出入口等に設置される入退管理システムが設置され、各区域の入退情報が放射線安全管理・中央設備監視室のサーバーに集められ集中管理される。②及び③に対しては、連続放射線監視システム及び放射線安全インターロックシステムが設置され、現場の機器で検知された放射線管理情報が加速器の中央制御室等において集中監視される。

(1) 入退管理システム

NanoTerasuの主な管理区域扉は、電気錠等によって施錠管理される。放射線業務従事者にはQRコード付きの個人線量計が貸与され、個人線量計のQRコードを管理区域等の出入口に設置されるリーダーにかざすことで管理区域扉の解錠を行う。長瀬ランダウア社の協力のもと放射線業務従事者登録とQRコード発行が連携されることによって、管理区域の入退状況と被ばく線量の一元管理が可能となっている。また、加速器等の運転状況に応じて運転時立入禁止区域の扉解除許可/不許可を制御することで、ビームを出せる状態で運転中立的禁止区域に立ち入ることはできない。一方、火災等の緊急時には、サムターンを回すことによって管理区域の外へ安全に避難できるようになっている。

(2) 連続放射線監視システム

実験ホールの東西南北及びライナック終端部付近の管理区域境界及び事業所境界等に設置される放射線モニタによって空間線量が連続監視される。異常なビーム損失等による線量上昇が発生した場合、インターロックによって加速器が速やかに停止される。放射線モニタの測定データはNanoTerasuの基幹ネットワークに接続すれば、誰でも閲覧が可能となっている。放射線モニタの他に積算線量計を管理区域境界及び事業所境界に配置し、3ヶ月間毎の測定によって法令の基準を超えないことを確認している。

(3) 放射線安全インターロックシステム

インターロックは人の判断のミスを防ぐ装置であって自動運転装置ではない。インターロックは運転条件が成立する際に許可信号は出すが、電子ビーム及び放射光を出すという判断は加速器の運転員及びユーザーが行う。そのため、運転状態に移行する前には、加速器の運転員及びユーザーは運転中立的禁止区域に何人も残っていないことを確認する手順(退避確認)を確実に行う必要がある。退避確認を補助する安全装置として、加速器の運転状態を切り替えるための運転キーや運転中立的禁止区域に立ち入る際に携帯するパーソナルキー、加速器トンネル内に設置される退避確認ボタンがある。光学ハッチや実験ハッチには退出制御盤があり、適正な手順以外による操作が行われるとインターロックにより当該ハッチ内に放射光を導入できないようになっている。放射光ユーザーの多くは外部ユーザーであると共に、多くの保守点検は外来業者の協力を得て行われる。実験ホールを管理区域から除外したことから、従来の放射光施設以上に慎重に安全性の確保に努めなければならない。

今後、インターロック、自動表示の様なハード面のみならず、運転マニュアル等の整備や教育訓練による関係者への周知徹底等のソフト面からも充実を図り、安全で利便性が高い実験環境をユーザーに提供し、NanoTerasuが多くの国内外の研究者が集う開かれた放射光施設となることを期待している。

今後、インターロック、自動表示の様なハード面のみならず、運転マニュアル等の整備や教育訓練による関係者への周知徹底等のソフト面からも充実を図り、安全で利便性が高い実験環境をユーザーに提供し、NanoTerasuが多くの国内外の研究者が集う開かれた放射光施設となることを期待している。

今後、インターロック、自動表示の様なハード面のみならず、運転マニュアル等の整備や教育訓練による関係者への周知徹底等のソフト面からも充実を図り、安全で利便性が高い実験環境をユーザーに提供し、NanoTerasuが多くの国内外の研究者が集う開かれた放射光施設となることを期待している。

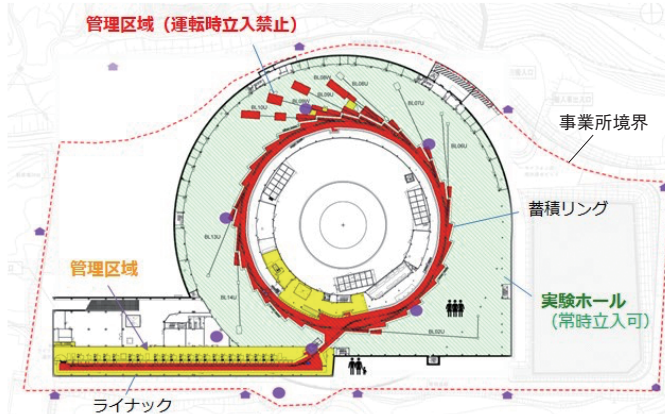
●はインターロック機能を有する放射線モニタ
(管理区域境界6台及び事業所境界1台)

▲は積算線量計(事業所境界10台)

赤塗部(加速器トンネル、光学ハッチ、実験ハッチ)は
運転時立入禁止の管理区域

黄塗部(後年整備実験ハッチ、保守通路、クラストロン室)は
一般管理区域

緑塗部(実験ホール)は管理区域ではない放射線発生装置室



NanoTerasuの管理区域設定と放射線監視設備

放射線のイロハ

〔第1回〕

放射線・放射能の発見〈近代科学の夜明け〉

愛知医科大学医学部 化学教室 客員研究員 緒方 良至



人類や地球上のありとあらゆるものは、地球誕生以来、放射線に曝されてきた。生物は、放射線とともに生き、進化してきた。しかし、人類が放射線存在に気がついたのは、つい100年と少し前である。1895年ドイツの物理学者W.C.レントゲンは真空放電の実験を行っている際、近傍の蛍光板が光ることに気が付いた。放電管から目に見えない「光」が放出されていることを発見し、未知の光という意味で、X-rayと名付けた。この光は、紙や人体軟組織は透過するが骨や金属などは透過しにくい性質があることを示した。レントゲンは、この功績で第1回ノーベル賞を受賞している。

翌1896年フランスの物理学者A. H.ベクレルは、ウラン鉱の近くに置いていた遮光した写真乾板が感光していたことを発見し、レントゲンが発見したX線のようなものがウラン鉱から放出されていると考えた。1898年ポーランド出身のM. S. キュリーは夫のピエール キュリーと共に11tのピッチブレンド（瀝青ウラン鉱）から100 mgのラジウムを抽出した。並々ならぬ信念と執念である。ベクレル、キュリー夫妻もノーベル賞を受賞した。これらの発見は、物理学・化学の一大ブレイクスルーであった。それまで、「不変」とされていた元素が、他の元素へ壊変することや、ニュートンの古典力学では説明できない現象の発見は、アインシュタインの相対性理論やボーアの量子力学を生み、原子の構造解明、宇宙の謎を解く鍵となった。近代科学技術の夜明けである¹⁾。

1897年J.J.トムソンが陰極線の実験から、それまで物質の最小単位と考えられていた原子(atom)を構成する粒子の一つとして電子を発見した。1906年ラザフォードは、アルファ線を金属箔に照射し、一部のアルファ線が大角度で散乱することを示した。このこと

は、原子の大きさの $10^4 \sim 10^5$ 分の1の大きさの正電荷をもつ原子核が土星のように原子の中心に存在することを示している。ラザフォードは、また、1918年陽子を発見した。中性子は、電荷をもたないため物質を透過する性質があり、発見が遅れたが、1932年英国のチャドウィックによって発見された。これで、陽子、中性子という原子核を構成する核子がそろったことになる。

メンデレーエフは、元素を原子量の順に並べると規則的に似た性質の元素が現れることを示し、「周期表」を提案したが、その根拠については不明であった。ラ

ザフォードが示した原子番号が元素の正電荷と一致すること、およびその後、軌道電子の配置が元素の化学的性質を決めていることがわかり、周期表の謎が解けた。

X線は、発見直後から、医学診断や治療に使われた。X線発見から半世紀ほど後のことであるが、1953年ワトソンとクリックは、X線結晶回折実験のデータを元にDNAの構造解析を行い、DNAが二重らせん状であることを解明した。彼らは、この業績でノーベル賞を受賞している。X線は、生物学の発展にも欠かすことができない。

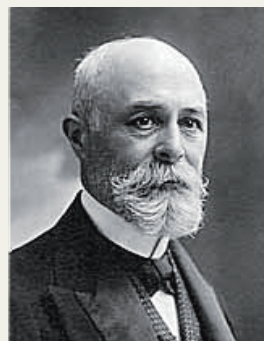
【余談】

放射能(Radioactivity)

という言葉を生んだのはキュリー夫人である。‘Radio’;「放射状に放たれるエネルギー」と‘activity’;「活性のある物質」の組み合わせである。「放射能」という言葉はこの日本語訳であるが、「能」という言葉が人を惑わせる。「放射能」は「放射線を出す能力」であるとの解説も見かけるが、正しくは「放射線を出す性質」である。中国語では「放射活性」と訳しており、訳語としてはこちらの方が適切ではないか。



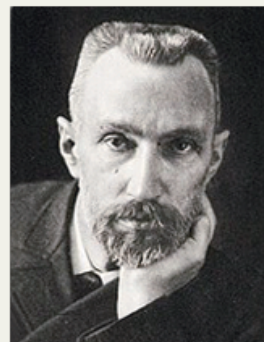
W.C.レントゲン



A.H.ベクレル



M.S.キュリー



P.キュリー

¹⁾ 馬場宏著「放射能の発見が世界を変えた」新風書房(2016年)他
* 写真はウィキペディアから転載した。

お 願 い

ご担当者・送付先の変更手続きについて

(お問い合わせ：お客様サポートセンター)
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

弊社バッジサービスにおいて、下記3つの送付先を、それぞれ登録しております。

- ・ バッジ送付先
- ・ 外部被ばく線量測定算定報告書送付先
- ・ 請求書送付先

人事異動等でご担当者や送付先住所等に変更が生じた場合は、バッジに同封しております「登録変更依頼書」の通信欄に、変更事項をご記入の上、FAXまたは郵送にてご連絡ください。

ご担当者変更の場合はフリガナを、住所変更の場合は郵便番号もご記入ください。

なお、「登録変更依頼書」の右上「ご記入者名」に新しいご担当者名をご記入いただくだけでは変更の処理は行いませんので、ご注意ください。登録内容に変更が生じた場合は、早めにご連絡くださいますようお願いいたします。

登録変更依頼書

登録者氏名 11月15日 (正午)

登録内容変更依頼書 上記、登録内容変更後3日以内にFAX等でご連絡ください。登録内容に変更がない場合は、この用紙は返送不要です。

登録変更依頼書の提出が必須なお客様は当社にコピーを送付してください

項目	氏名	フリガナ	〒	都道府県	市町村	番	号	ビル	室	電話	FAX	Eメール
個人												
会社												



製品紹介

FLUKE
Biomedical

医療スタッフ用
被ばくモニタリングシステム

RaySafe i3

Visualize your radiation exposure in real time.

RaySafe i3 個人線量計は、毎秒の個人線量当量率と累積個人線量当量を測定・記録します。測定されたデータは無線で専用リアルタイムディスプレイに転送され、グラフィカルなバーグラフにより被曝状況を確認し、即時に必要な被曝回避行動を取ることができます。また、累積個人線量当量は、時間ごとに最大5年間分が記録されます。

個人線量当量率は、直近の被曝状況1時間分を秒単位で保存しており、専用の線量ビューを用いてより詳細にデータ分析が可能です。

アンフォースレイセーフ株式会社

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

TEL 03-4540-4009・FAX 03-6714-3115・infojapan@raysafe.com・www.raysafe.com

RaySafe™

編集後記

4月1日はエイプリルフール。小さい頃から「嘘をついてはいけません。」と躾けられた人が多いと思いますが、この日だけは嘘をついても許されます。由来は諸説あるようですが、日本に広まったのは大正時代だとか。そんなエイプリルフールにはマナーがあります。相手を不幸にしたり、傷つけたりすること、心配をあおった

りしてはいけません。午前中に嘘をつき、午後にはネタをばらし、その場で盛り上がって一件落着。その後は嘘を一切持ち込まない、というもの。できればみんなで笑ってハッピーエンドにしたいものですね。

ところでパソコンのマウスの移動距離の単位をご存知ですか？ 答えは「ピクセル」や「インチ」でもなく、「ミッキー」です。1ミッキー＝約0.25 mm。こちらの由来も諸説あるようですが、本当ですよ。(M.I.)

長瀬ラングダウ(株)ホームページ・Eメール

<https://www.nagase-landauer.co.jp>
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

■弊社へのお問い合わせ、ご連絡は

本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.556
2024年(4月号)

毎月1日発行 発行部数: 42,200部

発行 長瀬ラングダウ株式会社
〒300-2686

茨城県つくば市諏訪C22街区1

発行人 浅川 哲也