

- トップコラム／東京大学 大学院新領域創成科学研究科教授  
環境安全研究センター長 大島 義人
- 医療診断と放射線／〔シリーズ3〕単純X線写真の生成
- New Horizon of Radiation Therapy／〔その2〕重粒子線治療の基礎
- お願い／登録変更依頼書の取扱について
- お知らせ／第53回アイソトープ・放射線研究発表会
- お知らせ／平成28年度放射線取扱主任者試験の施行について

ト  
ツ  
ブ  
コ  
ラ  
ム  
174



大島 義人

## 研究における「アクセル」と「ブレーキ」のバランス

昨年10月、大村智博士のノーベル生理学・医学賞受賞と梶田隆章博士のノーベル物理学賞受賞が二日連続で発表され、日本中がお祝いムードで沸き返ったことは記憶に新しい。日本人研究者のノーベル賞受賞は、ここ10年で12人を数えることになる。科学者の最高の栄誉とも言えるノーベル賞が毎年のように日本人に与えられることは、日本の科学技術が世界的に見ても間違いなくトップクラスの高い水準にあることを示すものであり、今回のW受賞はその象徴とも言える出来事であったように思う。

さて、研究の価値を評価する上で、新規性や独創性が重要な指標となることは言うまでもない。新しい理論の提唱、新しい手法の提案、新しい物質の発見といった、これまで誰も行っていないことを初めて見つけ、それを実証することに、研究の価値や醍醐味がある。いわば、地図のない未踏の地をゴールに向かって進んで行く知の冒険である。そこには試行錯誤的な探索もあるだろうし、失敗もつきものである。特に、過去に誰もやったことがない実験では、何が起こるか正確にはわからない以上、そこにリスクが伴うことは必然である。

実験は通常、意図に沿った結果が得られることを期待して行われるものである。期待通りの結果が得られたら、その結果の良さをもって実験は成功と評価されるし、期待や予想とは違った結果であっても、それが良い結果だった場合には、新たな発見として賞賛されることもある。逆に、何らかの理由で期待した結果が得られなかった場合には、実験は失敗と位置づけられ、もし実験中に怪我でもすれば事故と呼ばれることになる。しかし、冷静に考えてみると、実は発見も事故も自然現象の結果であることに変わりはない。

人にとって都合が良い結果を発見、都合が悪い結果を事故と命名しているだけである。

安全・安心への関心が高まる昨今の社会の流れを受けて、大学の実験研究においても安全が強く求められる傾向にある。それを受けて、最近の研究現場では、作業の内容や扱う物質の性質に基づいて危険と安全を色分けし、その線引きによって安全管理を進めようとする流れを感じるものが少なくない。もちろん、事故は誰にとっても不幸な結果であり、それを避ける努力は必須である。また、安全のためには、危ないものを扱わないとか、危険な作業は行わないといった管理手法は、複雑多様化が進む実験研究現場の安全をわかりやすく単純化する意味で、ある程度やむを得ないかもしれない。だが、安全サイドに針が振れすぎて、研究の自由度が著しく制約を受けるようになると、研究のアクティビティを維持することが難しくなることは容易に想像される。本来、研究の安全とは、研究の内容を最もよく知っている研究者自身が、自らの持つ知恵や技術を駆使して、予測される危険を回避することにあるべきなのであって、安全と危険との決定論的な線引きに基づいて危険の回避による安全の確保を目指す管理手法とは、目指すところが本質的に異なっている。先にも述べたように、研究の推進とリスクは表裏一体の関係にあるので、一方の側面だけを切り出して追求することはできないと考えるべきであろう。

研究の創造性やアクティビティを損なうことなく、安全に研究を遂行するためには、研究を推進させるアクセルと危険を回避させるブレーキとを、バランス良く機能させることが重要である。組織の場合には、研究開発を推進する部門と安全を管理する部門とに役割を分けてバランスをはかることが多いが、個別性や先端性を特徴とする研究の場合には、一人の研究者の中に備わっているアクセルとブレーキのバランスを自律的に機能させることが要求される点で、個人の資質が大いに問われることになる。自らの研究に伴うリスクをコントロールしつつ新しい発見に邁進できる知の冒険家によって、科学技術立国を支える我が国の理工学研究が一層発展することを期待したい。

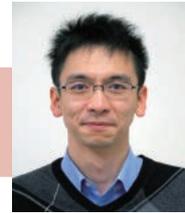
おしま よしと（東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授）  
環境安全研究センター長

プロフィール●1989年東京大学大学院工学系研究科化学エネルギー工学専攻博士課程修了。工学博士。同工学部合成化学科助手、化学工学科講師、環境安全研究センター助教授を経て、2005年より現職。専門は超臨界流体工学、環境安全学。現在、化学工学会超臨界流体部会長、大学等環境安全協議会副会長を務める。2010年にNPO法人「研究実験施設・環境安全教育研究会（REHSE）」を立ち上げ、大学等の研究機関における実験施設整備や安全教育について、大学や企業を巻き込んだ研究活動を展開している。

# 医療診断と放射線

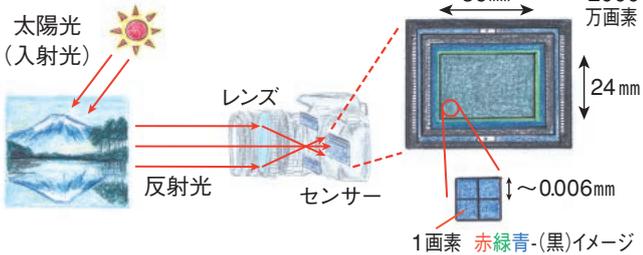
## 〔シリーズ3〕 単純X線写真の生成

徳島大学大学院 医歯薬学研究部 助教 林 裕晃



今月のテーマは、単純X線写真の生成についてです。まず、可視光の写真から話を始めましょう。図1の上図はカメラの概念図で、基本的には人間の“眼”と同じ仕組みです。太陽光が被写体に当たり、反射光が“レンズ(水晶体)によって曲げられて”、センサー(網膜)上に像を作ります。可視光はレンズによって曲げることができるので、実物よりも小さなセンサー上にイメージを映し出せます。

### 1. 可視光用の検出器(カメラ)



### 2. 医療用のX線検出器

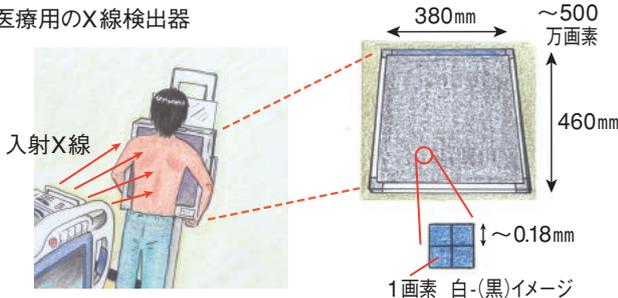


図1 可視光用検出器(カメラ)と医療用X線検出器の比較

一方X線に対しては、“X線を曲げることは基本的にはできない”という所が大きく異なります。そこで、図1の下図に示すように、非常に大型のX線検出器を使って等倍(1/1スケール)の透過画像を作ります。胸部撮影では人体の上半身が十分に入る大きさのX線検出器を使っています。

さて、可視光とX線の2つのデジタル画像ですが、“数百~数千万個という画素(最小単位)に1つ1つ色を割り当てて画像を形成していること”は同じです。しかし、可視光の画像は赤緑青のカラー画像で、“光が入らなかった画素は黒色”になりますが、X線の画像は白黒画像で、“X線が多く入射した画素は黒色”となる所が大きく異なります。

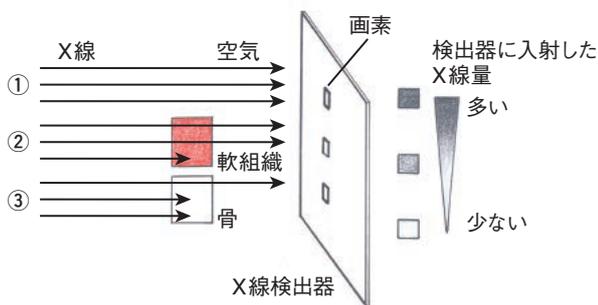


図2 X線画像の濃淡についての概念図

図2を用いてもう少し詳しく説明しましょう。X線が①空気、②軟組織、③骨に入射した際に何が起こるのかを考えます。前回説明したとおり、X線は物質中の電子と“相互作用”し、相互作用したX線は物質に吸収されるか散乱X線になります。図に示したとおり、例えば3本のX線が入射したときには、①空気とはほとんど相互作用をせずに3本のX線が検出器に到達する、②軟組織とは少し相互作用し2本のX線が検出器に到達する、③骨で多くのX線が吸収され1本のX線が検出器に到達するという状況が起こったと仮定します。このときに対応するX線画像は、空気(3本)→黒色、軟組織(2本)→灰色、骨(1本)→白色となります。

もう一例、イメージしやすい例を紹介しましょう。図3は指骨のX線写真を撮るまでの過程と、実際のX線写真を示したものです。検出器の上に手をおいて、真上からX線を入射させ透過画像を得ます。ほとんどのX線は検出器にそのまま到達し、対応する画素は黒色になります。一方、人体の骨は原子番号や密度が比較的高く、多くのX線が吸収されますので、白色になります。

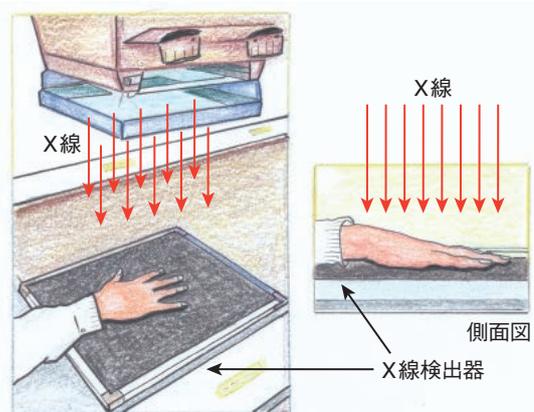


図3 指骨の撮影

このように医療用のX線検出器では、透過X線の個数が物理法則に従って変化することに着目して、この変化を白黒画像として表現しています。最近のX線写真はデジタル化されており、病院での診断時にはパソコンのモニターを見ながら、説明を受けることも多いと思います。“X線が吸収されていないところは黒色”と覚えておいて診断画像を見ると、人体の構造や病変に対して、より理解が深まるはずです。

## New Horizon of Radiation Therapy

### 〔その2〕重粒子線治療の基礎



国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 加速器工学部 三木 健太郎

放射線治療は主にX線やガンマ線など光子線を用いるものと、粒子線を用いるものに分けられます。粒子線とは高速に加速した原子核のことです。人のがん治療に用いられる粒子線は陽子線と炭素線の2種類あり、陽子線と区別するために、ここでは炭素線のことを重粒子線と呼んでいます。放医研では重粒子線がん治療装置HIMACを建設し、1994年よりがんの治療を行っています。

炭素は陽子より重いので加速には大きな装置が必要になりますが、重粒子線治療には他の治療法にはない優れた特徴があります。現在最も多くの施設で使用されている光子線は、光が水中を進むにつれて減衰するのと同様、体内を通過するにつれて減衰していきます。従ってがんに対して必要十分な線量を照射した場合、その手前にある正常組織はより多くの線量が照射される事になり、副作用を起こす原因となります。一方、粒子線は体内の浅い位置では線量が低く、一定の深さまで進むと急激に大きな線量を付与する特徴があります。そのため放射線の線量をよりがん集中させやすく、前後に重要な組織があっても治療に必要な線量を安全に照射する事ができるのです。放射線による生物の細胞を破壊する作用は、細胞のDNAに損傷を与えるものによると考えられており、重粒子線の場合、光子線や陽子線よりも2～3倍大きいと言われていています。更に同じ線量を細胞に照射した場合に破壊が起こるか否かは、細胞組織内に含まれる酸素濃度や細胞分裂の周期などに影響を受けることが知られていますが、重粒子線は比較的その影響を受けにくい性質もあります。これらの特徴から、X線や陽子線では効果が低いと思われていた難治性のがんにも高い効果が期待できることが、重粒子線が注目されている理由です。周辺の正常組織への付与線量が少ないため、一回の線量を高めることができ、また治療回数を減らすことができるのも、患者さんにとって大きな利点です。

現在放医研では、拡大ビーム照射法と3次元スキャニング照射法という二種類の照射方法で治療を行っています(図)。拡大ビーム照射法とは、加速器から取り出される細いビームを電磁石および散乱体を用いて標的の断面を覆うように広げ、更にリッジフィルターを用いて体厚方向に広げ、コリメータおよびボラスにより標的の形状に合わせてビームを成型するという方法です。一方3次元スキャニング照射法とは、電磁石を用いてビームの照射位置を制御し、標的の深さ方向のある面(スライス)に対して塗り絵

をするように照射を行い、一つのスライス平面を塗りつぶした後、次のスライス平面を塗りつぶしていくといった照射法です。3次元スキャニング法は、拡大ビーム照射法に比べて、コリメータ、ボラスが不要、線量分布の制御性が良い、ビームの利用効率が高い、腫瘍形状が治療中に変化した場合も柔軟に対応できるなど、多くの利点があります。

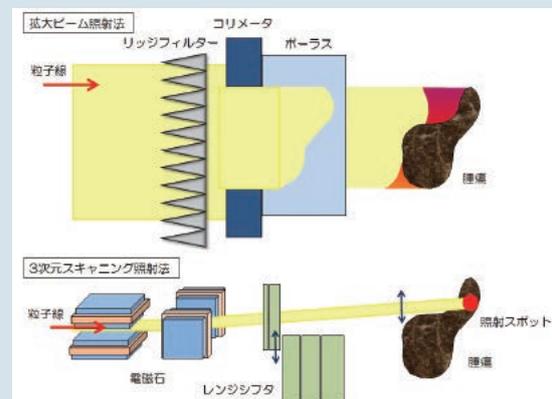


図 拡大ビーム照射法と3次元スキャニング照射法

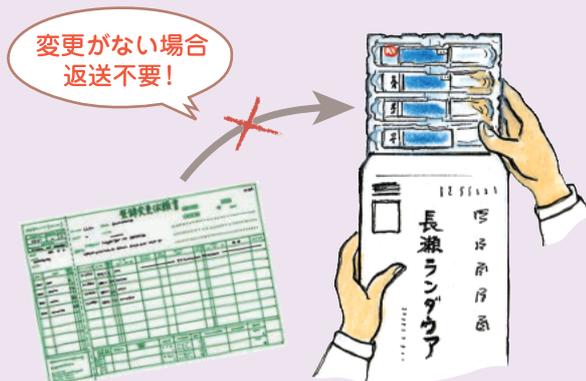
以上のように、新しい治療法として大きな活躍が期待される重粒子線治療ですが、粒子線が計画された通り正確に照射されているかの確認には注意が必要です。放射線は目に見えず、照射されても熱くも痛くも匂いもなく、人の感覚だけでは当たっているかどうかわかりません。細胞を破壊する能力が大きな重粒子線なので、もし照射された箇所がずれていた場合は、正常組織に与える損傷は大きく、がんも治りません。人の体は呼吸や心臓の拍動などにより絶えず動いており、臓器の形状や位置も日々の体調などによって変化する事も大きな問題です。患者さん毎に予め作成された治療計画をいかに精度よく実施するか、またそれを確認するかは、重粒子線治療の治療成績向上に関して、重要な研究テーマです。現在、放医研では患者さんの呼吸性移動に同期した3次元スキャニング照射法を、臨床へ応用するための臨床試験が行われています。そこでは従来のCTに加え、呼吸による臓器の移動や変形の情報得られる4次元CTを用い、患者さんの呼吸性移動による影響まで含めた治療計画を作成し、照射中はX線の透視画像を用いて体内の動きを直接観察する治療法が採用されています。この事により、従来よりも正確にがん線量を集中させ、正常組織への照射を減らす事ができ、安全で効果の高い治療が実現できると考えられています。

## お願い

## 登録変更依頼書の取扱について

お問い合わせ：お客様サポートセンター  
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441

「登録変更依頼書」は、バッジのご着用者に変更が生じた場合にご利用いただいておりますが、登録内容に変更がない場合、「登録変更依頼書」を当社にご返送いただく必要はございません。測定依頼の際は、バッジのみご返送いただければ結構です。また輸送中のバッジの保護のため、トレーに入れてご返送くださいますようお願いいたします。



## お知らせ

## 第53回アイソトープ・放射線研究発表会

会期 平成28年7月6日(水)～7月8日(金)  
会場 東京大学弥生講堂ほか(文京区弥生1-1-1)  
主催 (公社)日本アイソトープ協会(Tel. 03-5395-8081)  
参加費 事前登録4,000円(学生無料)、要旨集3,000円  
\*今回より事前参加登録制を導入いたします。詳しくはホームページ(<http://www.jrias.or.jp>)をご覧ください。

## ◆特別講演(仮題)

1. 水中の放射性セシウムモニタリング技術の精度評価試験と標準化について 講師 保高 徹生氏(産業技術総合研究所)
2. 大強度陽子加速器施設J-PARC - 究極の物質像を求めて - 講師 齊藤 直人氏(大強度陽子加速器研究施設J-PARC)
3. 理想的な表面構造解析手法である全反射高速陽電子回折 講師 兵頭 俊夫氏(高エネルギー加速器研究機構)
4. 半導体検出器の開く心臓イメージングの新展開 講師 松本 直也氏(日本大学・循環器内科)

## ◆パネル討論(仮題)

1. 低線量放射線の健康影響に関する国内関連学会における研究の現状とこれからの連携のあり方
2. 放射線の生物影響に関して蓄積された知見とその社会的共有
3. 北から南から福島を踏まえた放射線教育の全国展開パートIV - 新しい中学校理科教科書による放射線授業を考える -

## ◆「市民のための公開講座・しゃべり場」(同時開催)

食品照射を考える「鎖国状態から抜け出せるか?」(仮)

## 平成28年度放射線取扱主任者試験の施行について

平成28年度の放射線取扱主任者試験は、次の日程・要領にて施行いたします。

## 1. 試験の日程

第1種試験：平成28年8月24日(水)、25日(木)

第2種試験：平成28年8月26日(金)

※合格者は10月下旬頃に官報で公告される予定です。

## 2. 試験地

札幌・仙台・東京・名古屋・大阪・福岡

## 3. 受験申込期間

平成28年5月16日(月)～平成28年6月20日(月)

※郵送の場合、6月20日(月)の消印有効

## 4. 受験料(消費税込み) 第1種：14,300円 第2種：10,200円

## 5. 受験申込書について

受験申込書(無料)は全国の頒布機関で入手できます。郵送をご希望の場合、送料分切手を貼った返信用封筒(角2サイズ)を下記のお問い合わせ先までお送りください。※貼付切手など、詳しくはホームページをご覧ください。

## 6. お問い合わせ先

公益財団法人原子力安全技術センター(主任者試験Gr.)  
〒112-8604 東京都文京区白山5丁目1番3-101号  
Tel. 03-3814-7480 Fax. 03-3814-4617  
ホームページ <http://www.nustec.or.jp/>  
電子メール [shiken@nustec.or.jp](mailto:shiken@nustec.or.jp)

## 編集後記



6月といえば梅雨、ボーナス、父の日、ジュニアプライド。

私事ではございますが娘が嫁ぐことになりました。父としては、嫁ぐ日の娘の挨拶やバージンロードの腕組み、花束贈呈など、あれこれ想いめぐる日々でございます。しかしどうやら取り越し苦労のようです。入籍は6月、入居は数か月後、新婚旅行や挙式

はその後。いやはや、順序は私の常識とは違うようです。また披露宴ではなく、パーティー!? 父の出番はありません。古い歌ですが、芦屋雁之助さんの「嫁に行く日が来なけりゃいいと・・・♪」とつい口ずさんでしまいます。年頃なので縁は有難い、しかし行けば寂しい。されど孫の顔は見たい。アクセルとブレーキの加減は本当に難しい。

(R.A.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<http://www.nagase-landauer.co.jp>  
E-mail: [mail@nagase-landauer.co.jp](mailto:mail@nagase-landauer.co.jp)

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は  
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441  
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.462  
平成28年<6月号>

毎月1日発行 発行部数：37,800部

発行 長瀬ランダウア株式会社  
〒300-2686  
茨城県つくば市諏訪C22街区1  
の場 洋明