



原子力の医学利用 —放射線治療の重要性—

国立がんセンター総長
垣添 忠生

医用原子力技術研究振興財団が発足して本年10周年を迎えました。平成18年2月、虎ノ門パストラルで盛大な祝宴が催されたことが鮮明に思い出されます。文部科学省、厚生労働省という二つの監督官庁はもちろんのこと、多方面からの関係者が集まって、無事に10周年を迎えることができたことを喜び、財団の更なる発展を期待する声を多く耳にすることができました。関係者の一人として本当に嬉しく思いました。

ソビエト連邦ウクライナにあるチェルノブイリ原子力発電所で大爆発が起き、広汎な放射線被害が生じました。その生々しい実態が最近になって次々と明らかにされつつあります。

わが国は唯一の被爆国として、国民の間には従来から「原子力」に対する強い警戒感がありました。また、ビキニ環礁での第5福龍丸の放射能被曝事故、そして近くは東海村のJCOにおける悲惨な事故等、原子力にまつわる数多くの困難な事態に遭遇しました。そうです、取り扱いを誤れば、原子力は人類に対して鋭い牙を剥きます。しかし、19世紀の終り、レントゲン博士によってエックス線が発見されて以来、原子力の平和利用は、医療現場はもちろん、工業でも農業でも、原子力がなければ私たちの日々の生活は成り立たなくなるほどに進められてきました。人類の叡智が、「取り扱いを誤れば極めて危険な」、いわば両刃の剣である原子力を見事に私たちの生活に取り込んできたといえるでしょう。とりわけ、私ども医学に関わる者にとっては、原子力の応用による診断、治療両面にわたる恩恵は計り知れません。診断面における高速CTの意義は、医療のどの分野でも、これ無くしては診療が成立しない状態となっています。診断が即、治療につながるinterventional radiology (IVR) も目を眩るような発展ぶりです。

さらに注目したいのは放射線治療の最近の進歩です。brachytherapyもIMRTも、陽子線、重粒子線治療も、中性子捕捉療法も大変な発展を遂げました。いずれも、病巣部に放射線を集中させ、その生物効果を高め、そして周囲臓器に対する傷害を激減させる努力の現われです。この分野の研究、診療の発展にわが国の貢献が大きかったことも喜ばしい限りです。

がん治療に限って考えてみますと、わが国では伝統的に外科治療が主流でした。しかし、最近になって、上述しましたような新しい技術進歩による安全性と有効性の向上、そして、高齢でがんを抱える患者さんの増加など、がんの放射線治療に対する関心が急速に高まってきました。診断が精密になると、がんの病期診断が正確になり、病期、悪性度に基づく治療選択肢が多くなります。その際、選択肢の一つとしての放射線治療の重要性が大きくクローズアップされてきました。ところが、放射線治療の現場では、放射線治療医、技師、物理士など専門職の人が少なく、また病院内にポジションがないとか、看護師を含めたチーム医療が成立しにくいなど数々の困難な現実もあります。しかし、問題の所在が明らかになったら、それを解きほぐすのは再び人間の叡智であり、情熱だと思えます。その意味で、医用原子力技術研究振興財団の存在意義はきわめて大きいと思われれます。一般の人々に対する情報提供、研究費の支援、技術者の派遣、研修など、多くの困難に苦しむ医療現場を頼もしく側面から支援している訳です。

わが国の、特にがんに対する放射線治療の健全な発展と、それを支える当財団の更なる発展を祈って筆を置きます。

事業活動報告

◆平成18年度医用原子力技術に関する研究助成発表

平成18年度の「医用原子力技術に関する研究助成」は全国の大学、病院、研究所などから25件の応募がありました。研究助成選考委員会では、研究の内容、独創性、将来性および実用性など慎重に審査した結果、5名の研究者が選定され、5月24日に開かれた役員会の承認を経て助成金を贈呈することが決定されました。

平成18年度医用原子力技術に関する研究助成募集の重点テーマ(分野)は下記の通りでした。

- a. 画像による認知症の早期診断に関する研究
- b. 放射線治療計画の高精度化に関する研究
- c. 中性子捕捉療法の高高度化に関する研究

受賞者の氏名、所属、研究題目は次の通りです。



小川氏 中松氏 塩見氏 成田氏 市川氏

①小川美香子

(浜松医科大学光量子医学研究センター)

- a. 「アルツハイマー病の発症前診断を目的としたニコチン性アセチルコリン受容体 $\alpha 7$ サブタイプイメージング剤の開発」

②中松 清志 (近畿大学医学部放射線腫瘍学部門)

- b. 「PET-CTシミュレーションによる高精度放射線治療計画の研究」

③塩見 浩也 (大阪大学大学院医学系研究科)

- b. 「時間を考慮に入れた放射線治療計画システムの構築」

④成田雄一郎 (京都大学大学院医学研究科)

- b. 「4次元放射線治療：4次元CT画像の放射線治療計画応用のための基盤整備」

⑤市川 秀喜 (神戸学院大学薬学部)

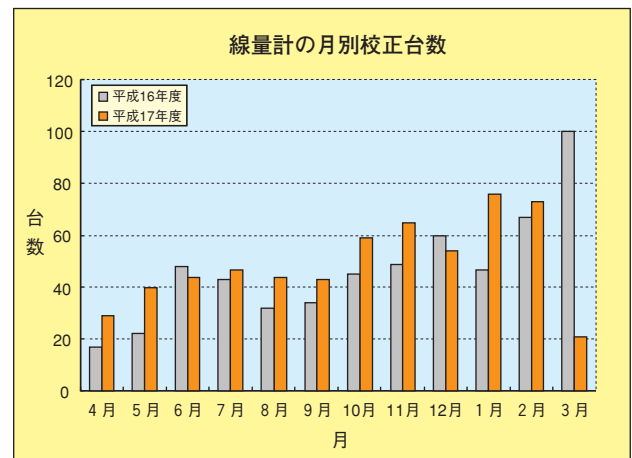
- c. 「がん中性子捕捉療法における統括的治療診断を可能にするガドリニウム含有ナノパーティキュレートシステムの創製」

贈呈式は平成18年7月7日、航空会館(東京都港区新橋)にて行われます。

◆治療用線量計校正業務

全国の放射線治療施設(治療実施施設数はおよそ700カ所)の照射線量の斉一性を保持し、照射技術の標準化を図っていくため、関連学会と協力して治療用線量計の校正業務を平成16年4月より実施し、2年間に経過しました。

平成17年度の校正実績は以下に示すとおりで、前年度の実績と比較すると約14%増となっており、順調に推移しています。



平成18年3月は照射装置交換のため(独)放射線医学総合研究所における校正業務を休止しましたが、4月から校正業務を再開しております。

なお、関係方面からの助言もあり、JCSS(計量法校正事業者登録制度)の登録事業所としての資格を取得するための準備を進めることとしております。

線量計の校正につきましては、日本医学物理学会より「リファレンス線量計の校正は年1度の頻度で行うことが望ましい」と推奨されています。

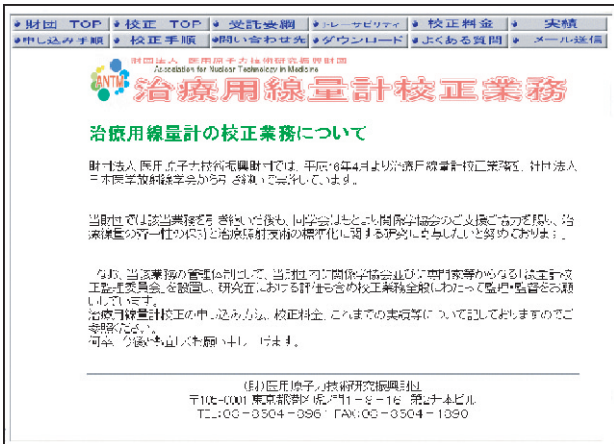
◆治療用線量計校正業務ホームページのご紹介

当財団では、平成16年4月より治療用線量計校正業務を行っています。この度、線量計校正業務についてユーザーの皆様にご理解いただくためにホームページの充実を図りました。

主なコンテンツは次のとおりです。

- ・申し込み手順
- ・校正要綱
- ・校正料金

- ・校正の手順
- ・よくある質問



線量計校正のページには財団のホームページ <http://www.antom.or.jp/>の「治療用線量計校正業務」ボタンからアクセスできます。

◆普及用小型医療加速器を用いた粒子線がん治療施設普及方策検討会

約2年間にわたって活動してきた本検討会は、本年3月27日開催の第26回会合をもって、小型炭素線治療装置の基本設計を終了しました。主な仕様は次の通りです。

- ①エネルギー：400MeV/u
- ②照射野：直径22cm
- ③照射室構成：水平×1、垂直×1、水平・垂直×1
- ④建築面積：約2,900㎡

◆粒子線がん治療に関する施設研究会

平成18年3月23日、普及用小型医療加速器を用いた粒子線がん治療施設普及方策検討会と合同で3名の講師を招いて講演会を開催し、約35名が熱心に聴講しました。演題、講師および講演概要は次のとおりでした。

①「PET用ライナック加速器」

(土田一輝氏 (株)日立製作所)

PETの線源にライナックを使用することによって装置の小型軽量化が実現でき、放射化レベルも低くなり、廃棄コストの低減が図れたと、2年間の稼働実績を踏まえて紹介されました。

②「PET検診センター事業モデルと課題」

(吉田建志氏 日本政策投資銀行)

PET検診センターを建設した場合、何年で投資

額の回収ができるか事業モデルを使った試算結果が紹介されました。このモデルでは、投資額（不動産・機械設備費、借入金）20億円、収入（年間250日稼働、検診人数30人/日）8億円/年、支出（人件費、減価償却費、借入金の金利、他）6.5億円/年であり、この条件で試算すると投資回収に必要な年数は6.8年でした。

③「公的病院建設における資金調達について」

(熊谷匡史氏 日本政策投資銀行)

公的病院施設建設における資金調達および運用に関し、投資時のリスク、収入面のリスク、支出面のリスク、資金繰りのリスク、影響の大きな不確定要素など、想定される事業リスクと講ずべき対策について話されました。

◆創立10周年記念祝賀会

当財団は平成8年3月26日に創立され、本年3月で10周年を迎えました。創立10周年を迎えるに当たり、日ごろお世話になり、また格別のご支援をいただいている方々にお礼を申し上げるため、ささやかな祝賀会を平成18年2月8日(水)、虎ノ門パストラル・鳳凰東の間で開催しました。

157人という大勢の方々にご出席いただき、盛況裡に終了しました。



・挨拶 森 亘 理事長

・祝辞

清水 潔 文部科学省研究振興局長

外口 崇 厚生労働省大臣官房技術総括審議官

宅間 正夫 (社)日本原子力産業会議副会長

田畑 米穂 (社)日本アイソトープ協会副会長

垣添 忠生 国立がんセンター総長

佐々木康人 (独)放射線医学総合研究所理事長

・乾杯

岡崎 俊雄 (独)日本原子力研究開発機構副理事長

・懇談

・挨拶 安 成弘 常務理事

◆ 画像診断の最先端

(独)放射線医学総合研究所
重粒子医科学センター病院 診断課

神立 進
岸本 理和

1. はじめに

人間の病気を診断する方法の一つに画像診断があります。“画像診断”とは、人間の体内を絵として表示し、それを分析することによって疾患を診断する方法です。画像診断の歴史は、X線撮影から始まりました。X線が体内を通過する時、臓器によりX線が様々な程度吸収されます。透過してきたX線を感光板で検出することにより、体内の組織の状態を推察します。これを単純X線撮影と言います。組織によって、X線の吸収度が違うことと利用した方法です。単純X線撮影は、簡便なため、現在も利用されています。

体内の状態を絵として検査するためには、体になるべく負担をかけないで体内を通過する物質が必要となります。X線の他に、ガンマ線（アイソトープ）、陽電子（PET）、電磁波+磁気（MRI）、超音波などが用いられています。光やレーザーなども研究されていますが、体の奥深い部分の状態はわかりません。ここでは、未だに進歩が著しいCT、MRI装置の最先端についてご紹介したいと思います。PETについては、医用原子力だより第2号（平成17年6月）をご覧ください。

2. X線CT検査装置

当初は、ある固定した場所からX線を照射して、これを体の下に置いた感光板で検出するだけでした。X線の照射装置を回転させながら撮影することにより、体内を様々な位置から走査することができるようになりました。このデータを解析し、断面図が作成できます。断面図を作るためには、膨大な量の計算が必要でしたが、コンピュータの発達により、ほとんど瞬時に画像が作れるようになりました。これがX線CT検査装置です。CT装置と省略されて呼ばれています。

CTの開発の歴史を図1に示します。

最初は、1断面を撮影するごとに、寝台（患者さんの乗っている台）を少しずつ動かしていきましたが（これをsingle CTと呼びます）、その寝台を連続的に動かしながら撮影ができるようになりました。

これをhelical CT撮影と言います。さらに、1回転で何断面も同時に撮影する方法が工夫されました。これがMDCT（Multi row Detector CT）方式です。大量の検出器を多列に並べて、1回転のX線照射で、同時に、複数列の断面を撮像します。現在は、このMDCT方式とhelical撮影を組み合わせた方法がCT検査の主流になりつつあります。この方式の特徴は、検査のスピードが非常に速いことです。たとえば、胸部全体の検査が5秒以内に終了します。また、厚みの薄い断面像が得られることも特徴です。現在、もっとも薄く撮影できる装置では、0.4mm厚の像が得られるようになりました。

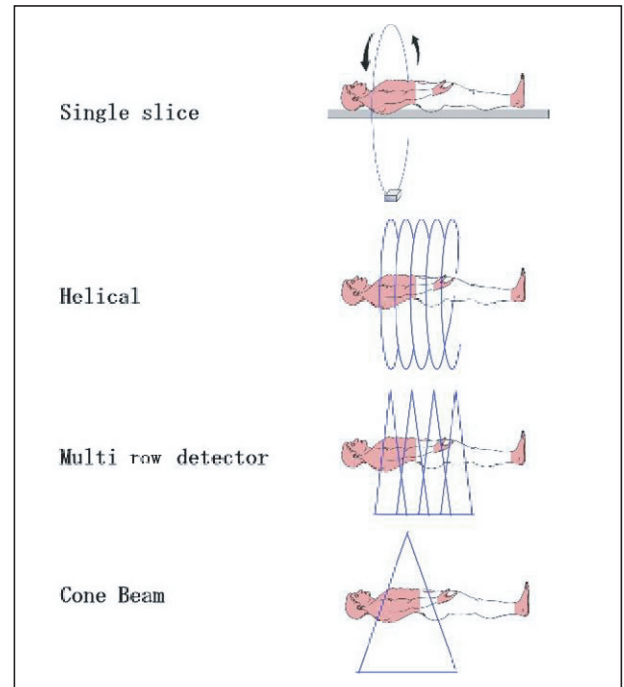


図1 CT開発の歴史

さらに、次世代のCT検査装置として研究が進んでいるのが、コーンビームCTです。これは、検出器を大量に並べるのではなく、面型の検出器を用いる装置です。大型の面型検出器が開発されれば、胸部全体を1秒以内に撮影することも可能となります。

今後は、ソフトウェアの改良による画質の向上、検出器の感度の増加による被曝量の減少、解像度（Matrixサイズ）の標準が512×512であるところを1,024×1,024に拡大する、X線のスペクトルの純度を高めることによりコントラストを良好にするといった方向に、装置の開発が進んでいくものと思われます。

X線CT撮影装置で非常に薄い断面像が得られる

ようになったため、この断面像を用いて、精細な立体画像が作れるようになりました。以前は、つなぎ目がぎざぎざの階段状の絵にならざるをえませんでした。薄い円盤を積み重ねて作った立体画像は、非常になめらかです。図2は、輪切りとして得られたCT画像を元に作成した肺癌の立体像です。このような像を作成することで、癌の気管や血管との関係や胸膜との関係を知ることができるのです。

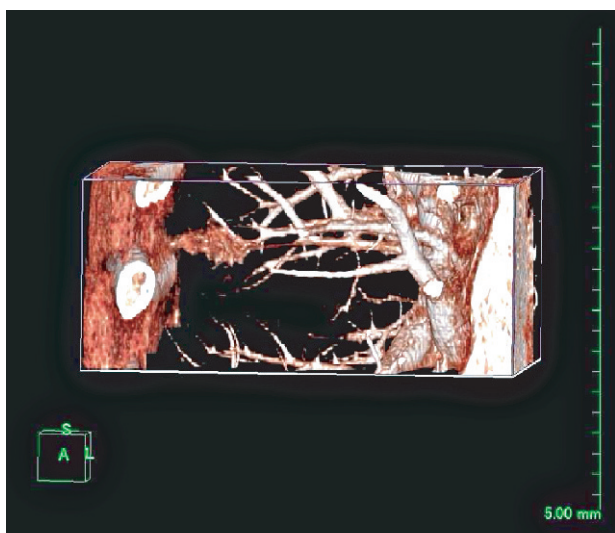


図2 CT画像を元に作成した肺癌の立体像

さらに、図3は、ヴァーチャル内視鏡（仮想内視鏡）と呼ばれる図で、これも、薄いスライスで得られたCT画像から作ったものです。空気と気管支の壁を連続して内腔表示させることで、いかにも実際に内視鏡を見ているような画像を得ることができます。本物の内視鏡は、途中で狭窄があると、その先が見えませんが、ヴァーチャル内視鏡は、その先まで見る事が可能です。

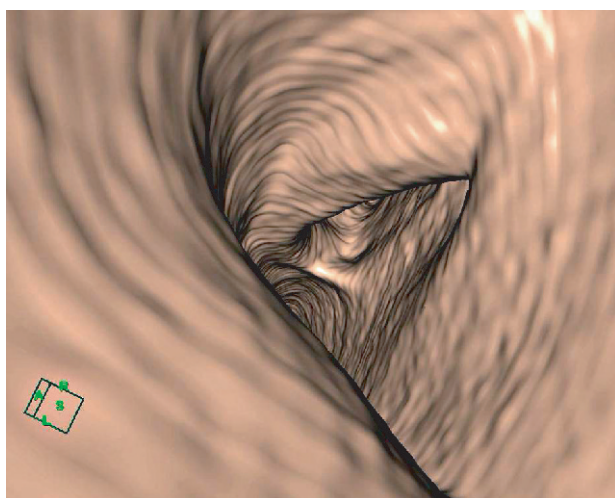


図3 ヴァーチャル内視鏡による画像

3. MRI検査

MRI検査装置は、強い磁場の中で、電磁波をあてて、水素の原子を共鳴させます。電磁波をストップすると共鳴が解除されます。共鳴が解除される時に出力される電磁波をアンテナを用いて測定することにより、体内の状態を検査する装置です。水素原子以外の原子も使うことができますが、感度の問題があり、現実に使われているのは、水素の原子がほとんどです。人体で水素原子をほとんど含まない組織は、骨、空気のみです。骨、空気以外の臓器を精細に描出することができます。

MRI検査装置は、磁場の強度によって、出力される電磁波の強度が違います。磁場が強いほど、出力される電磁波が強くなります。電磁波が強くなれば、相対的にノイズ低減効果が得られ、従って、精細な画像を得ることができます。磁場の強度は、テスラという単位で表します。現在、臨牀の現場で用いられている器械で最高磁場強度の装置は、3T（テスラ）の装置です。磁場を作るには、超伝導磁石、常伝導磁石、永久磁石などが用いられます。永久磁石は、装置が簡便で、費用もかかりませんが、強い磁場を作り出せないのが欠点です。強い磁場の装置は、ほとんどが超伝導磁石を使っています。超伝導の状態を保つためには、超低温に温度を保つための冷却装置（液体ヘリウムを用います）が必要で、全体としてかなり大がかりな装置となってしまいます。

MRI検査の特徴は、コントラストが良好で、精細な画像を得ることでしたが、最近は、機能検査の分野でも用いられるようになってきました。それは、拡散強調画像とダイナミック造影検査です。

拡散強調画像検査とは、水素原子を含んだ分子のブラウン運動を見る検査です。ブラウン運動に大きく影響するのは、組織の粘稠度です。悪性腫瘍においては、組織の粘稠度が高くなることが知られており、これを測定することにより、悪性腫瘍の検出が可能で。残念ながら、正常組織でも粘稠度が上昇することがあり、絶対的な基準ではありませんが、臨牀の現場では、すでに重用されています。特に、腫瘍の本体から離れたところへの転移の検出に有効です。肝臓への転移なども、明瞭に描出されます。解像度がやや低く、ゆがむことがあるので注意が必要です。図4は、拡散強調画像とCT画像を重ね合わせた画像です。

ダイナミックMRI検査は、造影剤を急速に静脈から注入することにより、組織の信号強度の変化を見る方法です。MRIの利点のひとつは、放射線被曝が

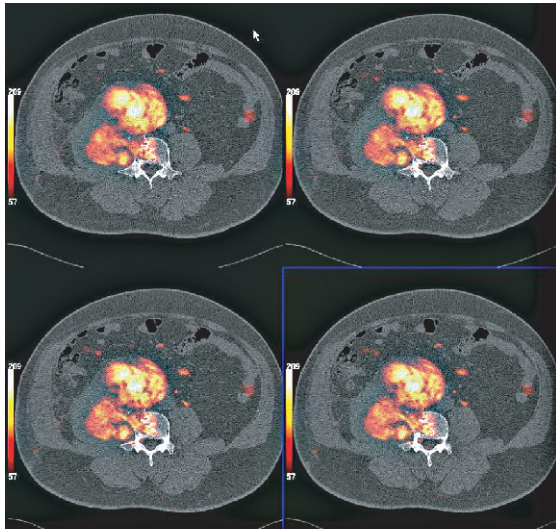


図4 拡散強調画像とCT画像を重ね合わせた画像

ないため、繰り返し安全な検査ができることです。10秒ごとに、継続して5分間測定するというのも十分可能です。図5は、組織の種類による信号強度の経時変化を表現したものです。造影剤投与後、急速に信号強度が上昇して、急速に下降するのは悪性腫瘍に多いとされています。逆に、良性の腫瘍は徐々に信号強度が増加していきます。残念ながら、例外も少なくはないのですが、診断の上では、重要な根拠の一つになっています。

4. モニター診断について

最後に、これらの画像を診断するための表示装置としてのPACSについて述べたいと思います。今まで、医療用の画像は、フィルムに印刷して用いていました。非常に強い蛍光灯の光をフィルムの背部からあてて、その透過光で画像を観察していました。

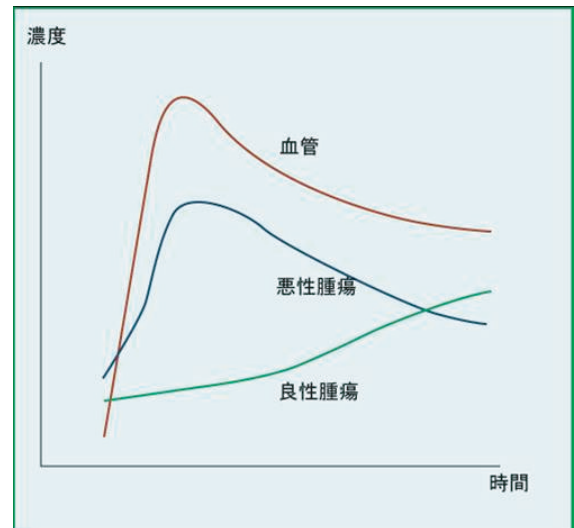


図5 組織の種類による信号強度の経時変化

ところが、スライスの数が増加したため、フィルムに印刷するのが困難になってきました。また、印刷したフィルムを収納する倉庫も膨大な容積が必要になってきました。これらを解決すべく開発されたのが、PACS (Picture Archiving and Communication System) です。これは、画像をフィルムに印刷せず、コンピュータのモニターで観察するシステムです。データはサーバーと呼ばれる大型のコンピュータに蓄積され、必要に応じて、観察者のコンピュータにネットワークを通じて送られます。ソフトウェアの改良、ネットワークシステムの進歩に伴って、フィルムで観察するより、高速で、精度の高い診断ができるようになりました。写真1は、筆者のモニター診断システムの近景です。近い将来、病院間の患者さんの画像データもコンピュータのネットワークを通じて送信する時代が来るものと思われます。

写真1 モニター診断システムの近景

