

## Flash NEWS

### 診断と治療が同時に可能な世界初の開放型 PET 装置を開発 PET の可能性を広げ、分子イメージング研究を推進

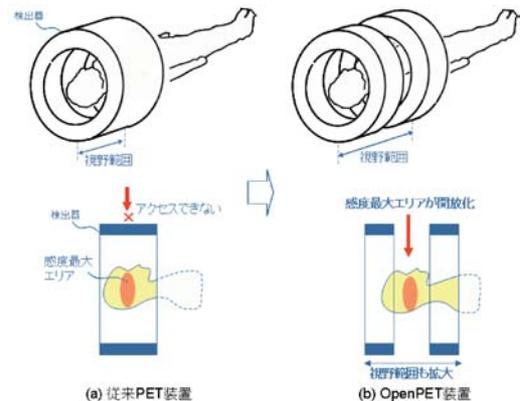
独立行政法人放射線医学総合研究所（理事長：米倉義晴、以下、放医研）分子イメージング研究<sup>\*1</sup>センター、先端生体計測研究グループの山谷泰賀研究員らは、がんの早期診断などに有効な PET（陽電子放射断層撮像法）<sup>\*2</sup>において、診断と治療を同時に行うことを可能にする世界初の開放型 PET 装置を開発しました。従来の PET 装置は、検出感度を高めるために被験者を囲むように放射線検出器を配置していますが、一部でも検出器が欠損すると画像の劣化は避けられませんでした。その結果、患者ポートは長いトンネル状になり、これが患者の心理的ストレスを高めると共に診断中の患者のケアの障害にもなっていました。

今回、山谷らは最も画質の優れる PET 装置中央部分が検出器で覆われていない世界初の開放型 PET 装置を開発しました。開放型 PET 装置では、体軸方向に検出器リングを 2 分割して離して配置しますが、検出器同士を結ぶ直線上の放射線を計測するという PET の原理によって、分割した検出器同士から開放空間の放射線を計測できます。PET の画像化理論に基づいて画像劣化が最小になるように検出器を除去している点がポイントで、シミュレーション及び基礎実験の結果、検出器を分割しても装置感度は低下せず、また放医研がこれまでに開発した「3次元放射線位置（DOI）検出器<sup>\*3</sup>」と組み合わせると、分解能の劣化も抑えられることが明らかとなりました。

新開発の装置は、開放空間から照射治療が行えるため、これまででは不可能であった治療中の PET 診断を可能にします。特に、粒子線がん治療装置と組み合わせると、ビームが照射された患者体内のがん標的近傍を PET で画像化して確認できることから、治療精度の向上に役立つものと考えられます。将来的には、画像化計算を高速化することで、診断・治療・確認をリアルタイムに行う未来型のがん治療も可能になると期待されます。また、本装置は、限られた数の検出器でも視野範囲を拡大できることから、全身を一度に診断できる高感度・低被ばくな PET 装置を比較的低コストで実現できる可能性があります。

り、医薬品の開発効率を高める方法として注目されているマイクロドージング試験<sup>\*4</sup>の推進に役立つものと期待されます。さらに、近年普及が進んでいる PET/CT 装置に今回の開発技術を応用すると、開放空間に X 線 CT 装置など別の診断装置を設置できることから、従来の PET/CT 装置では不可能であった同一部位からリアルタイムで高精度の情報を得ることが可能になります。

本成果は国際特許及び商標登録「OpenPET」を出願し、2月7日に英国物理学会発行の Physics in Medicine and Biology 誌に掲載されました。



(図1) 従来の PET 装置 (左) と新たに開発した開放型 OpenPET 装置 (右)

#### 【研究の背景】

がんや脳血管障害、認知症などの早期診断に有効と注目されている PET（陽電子放射断層撮像法）は、極微量の放射性元素で標識した特殊な薬剤を投与し、体内から放出される放射線を検出することで、糖代謝など代謝機能を画像化し、病気の有無や程度を調べる検査法です。PET は、がんなど病気の早期発見だけでなく、治療方針の選択や治療効果の確認にも有効ですが、その一方で、感度や解像度に課題が残され、各国で研究が続けられてきました。装置感度を高めるためには、図 1 (a)



#### 目次



- ◇ Flash NEWS
- 診断と治療が同時に可能な世界初の開放型 PET 装置を開発 … 1
- ◇ NEWS REPORT
- 「低線量放射線の影響に関する国際シンポジウム」開催 … 3
- 「社会のニーズに向けた分子イメージング研究の展開」をテーマに
- 分子イメージング研究シンポジウム 2008 を理研と共催で開催 … 4
- 放射線テロを想定した「成田国際空港におけるテロ対策合同訓練」実施される … 5

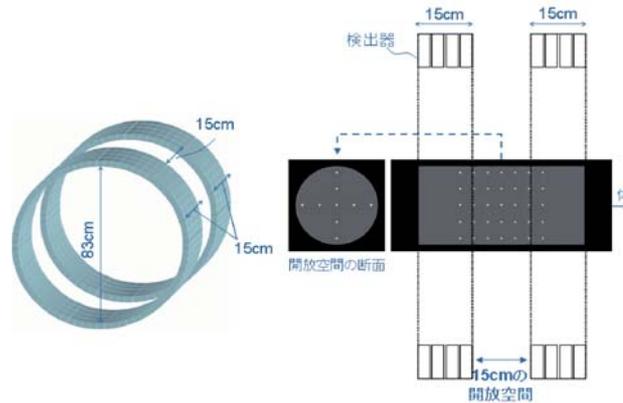
- 次
- EPR のバイオニア・Harold M. Swartz 博士が来所 …… 6
- ◇ お知らせ 「こんなに身近な！放射線」…………… 6
- ◇ HIMAC REPORT
- 体内組織石灰化による標的追跡と線量時間変化可視化ツールの開発 … 7
- ◇ 訂正とお詫び ……………… 7
- ◇ 漢字パズル…………… 3
- ◇ エッセイ ばるす ……………… 8

に示すように検出器をトンネル状に配置して、立体角を高める必要があり、長いトンネル状の患者ポートは検査中の患者の心理的ストレスを高めると共に患者へのケアの障害にもなっています。

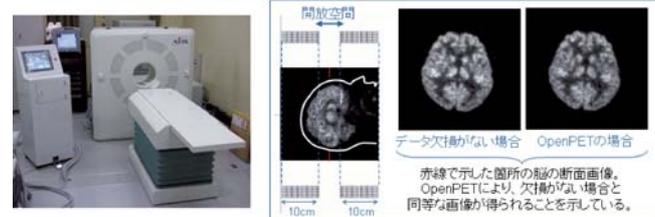
### 【開発技術の概要】

山谷らは、図1(b)に示すように、体軸方向に2分割した検出器リングを離して配置し、物理的に開放された視野領域を有する世界初の開放型PET装置「OpenPET」を開発しました。従来は一部でも検出器が欠損していると画像が劣化しましたが、本装置では、最も画質の優れるPET装置の中央部分を覆う検出器を除去しても、画質への影響が最小になるように検出器を配置しました。即ち、PETでは同一検出器リング内および異なる検出器リング間で放射線を計測しますが、異なる検出器リング間での計測データは冗長であることに着眼し、残存する検出器リング間の計測データで欠損情報を補って画像化することにより、性能が低下しないようにしました(図2)。

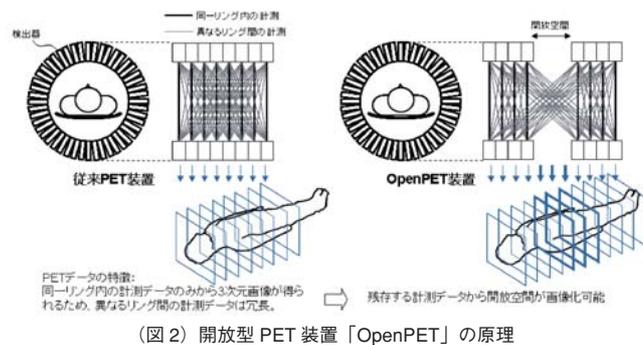
従来のPET検出器では、検出素子の厚みの影響によって斜め入射の放射線に対する分解能が劣化してしまうことが知られています。OpenPETでは、放医研が独自に開発した、薄い検出素子を多層に配置する3次元放射線位置(DOI)検出器を用いることにより高分解能が維持されます(図3)。



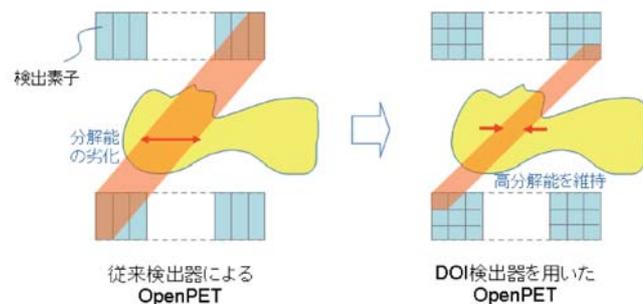
(図4) 計算機シミュレーションの例



(図5) 次世代PET装置「jPET-D4」(左)を用いた開放型PET装置「OpenPET」の実験結果(右)



(図2) 開放型PET装置「OpenPET」の原理



(図3) DOI検出器との組み合わせによる効果

従来検出器では検出素子の厚みによって分解能の劣化を招くが、DOI検出器を用いると高分解能が維持される

### 【実験結果】

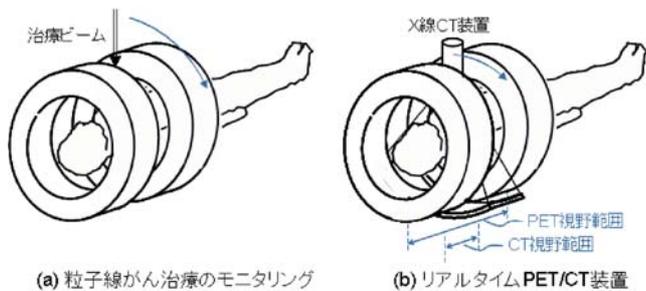
(図4)に示すように、2台の商用のPET装置(検出器幅15cm)を離して配置し、相互の検出器リング間で放射線を計測できると仮定した計算機シミュレーションを行い、15cmの開放空間が生じても画像化できることを確認しました。開放空間は検出器幅に応じて拡大でき、さらに放医研を中心にして開発した次世代PET試作機「jPET<sup>®</sup>.D4」\*5に適用し、OpenPETによって開放空間の画像化が可能であることを実証しました(図5)。具体的には、jPET-D4装置は5つの検出器リングから構成されますが、健常ボランティア実験の計測データから中央の1リング分に相当する部分を欠損させ、開放空間においても良好な画像を得ることに成功しました。

### 【研究の効果と今後の見込み】

検出器を分離した開放空間は、治療スペースやX線CT装置など別の診断装置の設置場所として活用でき、粒子線がん治療中の効果のモニタリングや病巣の大きさや位置などを検出できる新しいマルチモダリティ装置への応用が期待できます。

重粒子線や陽子線による粒子線治療は線量集中度が高いため、正常組織への線量を極力抑えて、がん病巣に絞り照射できる放射線治療方法です。照射は、患者のCT画像をもとに綿密に計算された治療計画に基づいて行われますが、実際の患者体内において、毎回の照射が計画通りの線量分布になっているかを、外部から経時的に確認するのはきわめて難しく、この手法は確立されていません。もし照射中に体内の標的が動いたり変形したりして、治療計画からずれてしまった場合には線量分布のズレは検出できません。この課題を解決するため、粒子線ビームの照射に応じて体内から発生する放射線をPET装置で計測し画像化することにより、体内の線量分布を外部からモニタリングする方法が研究されてきました。PET装置の要件としては、検出器がビーム経路と干渉しないこと、および発生する放射線が微量であるため高感度であることの2つがありますが、感度を高めるためには検出器を密に広く配置して立体角を増やす必要があるため、両者を両立することは困難でした。しかし、OpenPETでは、図6(a)に示すように、装置感度を低下させることなく、開放空間を利用してビーム経路を確保することができます。

一方、マルチモダリティ装置としてはPET/CT装置が普及しつつありますが、従来装置は、単にPET装置とX線CT装置を体軸方向に並べた構造であるため、PETの視野とX線CTの視野は数十cm離れており、同一部位を同時に撮影することができませんでした。これに対して、OpenPETを用いれば、図6(b)に示すように、開放空間にX線CT装置を組み合わせることで、同一部位をリアルタイムに撮影する新しいPET/CT装置が実現できます。今後は、実用化に向けて開放型PET装置に適した検出器などの要素技術の開発を行うと共に、放医研の重粒子線がん治療装置「HIMAC」への適用を目指していきます。



(図6) 期待される OpenPET の応用

**(用語解説)**

**\* 1 分子イメージング研究**

生体内で起こるさまざまな生命現象を外部から分子レベルで捉えて画像化することであり、生命の統合的理解を深める新しいライフサイエンス研究分野。PET によるがん診断もその一分野として行っている。

**\* 2 PET**

陽電子放射断層撮像法 (Positron Emission Tomography ; PET) のこと。画像診断装置の一種。陽電子放出核種で標識した薬剤を体内に投与し PET 装置で様々な病態や生体内物質の挙動を画像化する方

法である。PET 装置は投与した陽電子放出核種から発生する放射線を計測し、コンピューター処理によって計測データから元の薬剤の分布を計算する。

**\* 3 3次元放射線位置 (DOI) 検出器**

次世代の PET の技術開発において、放医研が世界に先駆けて開発した新規検出器であり、従来の PET では両立出来なかった感度と解像度が飛躍的に向上する。例えば、本検出器を頭部用 PET 装置に実用化した場合は解像度が従来の 5 mm から 3 mm へと向上し、感度は従来の 3 倍に改善することが可能となり、検査時間も 3 分の 1 に短縮出来る見込みである。

**\* 4 マイクロドージング試験**

効率的な新医薬品開発を促進するために、開発の早期段階において、超微量の化合物を投与して、ヒトにおいて最適な薬物動態を示す開発候補の化合物を選択する方法。

**\* 5 次世代 PET 試作機「jPET<sup>®</sup>-D4」**

国際的な次世代 PET 開発競争下において、放医研が他機関・大学等と共同で世界に先駆けて開発した。高感度・高解像度を両立する「3次元放射線検出器」を実装した PET 装置の試作を行い、高解像度 PET 撮像に成功したものである。



**「低線量放射線の影響に関する国際シンポジウム」開催**

放医研は、低線量放射線の影響に関して、国際原子力機関 (IAEA) の「研究協力センター」に認定されている。協力センターとしての活動を紹介するとともに、専門家との情報交換を目的として、2月13日と14日に標記シンポジウムが開催された。(参加者：118名)



前列左から Drs. Kazuo Sakai, Sentaro Takahashi, Kanji Torizuka, Tsutomu Sugahara, Yoshiharu Yonekura, R. Julian Preston, John D. Boice, Jr., Jolyon Hendry, Bobby R. Scott, K.P. Mishra

今回は「放射線適応応答」と「高自然放射線地域住民の健康影響」がトピックスとして取上げられ、国内および中国、韓国、インド、英国、米国からのゲストスピーカーを交えて講演と意見交換が行われた。適応応答は、低レベル放射線によって放射線抵抗性が誘導される現象で、これまで細胞レベルの研究が主であったが、本シン

ポジウムでは個体レベルの研究結果が数多く紹介され、放射線防護での位置づけや低線量放射線の医学利用にまで踏み込んだ議論が行われた。「高自然放射線地域住民の健康影響」は、「高」とはあるが、世界平均の自然放射線の数倍程度のレベルの放射線の人体への影響を探る上で貴重な情報源である。高自然放射線地域では喫煙の染色体異常誘発効果が軽減されるという、適応応答を想起させる

興味深い報告もあった。今後、機構の解明を通じて疫学と生物学を融合した形で低線量放射線のリスク評価につながる事が期待される。

放射線防護研究センター長 酒井一夫

**漢 字 パ ズ ル 3 月**

卒業式を控えた弟が何か書いているのを兄が見てこんな会話をしています。

兄「何やってんの？あ、カンニングペーパー？」

弟「だって卒業式で歌詞を間違えそうなんだもん。最初の方はいいんだけど、終わりの方が。でも歌詞をそのまま書いたら、バレバレだし。。。」

さて、何の歌詞でしょう？

→ 鯉江 呷 ← 休 ↑ 占卓 ← 瀬  
 ↑ 己白虎 ← 瀬 隴  
 ↑ 舍己曾写 ← 加収刈  
 ← 休 ↑ 草 花 ↓ 今六

## 「社会のニーズに向けた分子イメージング研究の展開」をテーマに 分子イメージング研究シンポジウム 2008 を理研と共催で開催

放医研分子イメージング研究センターは、平成 20 年 1 月 28 日（月）、「分子イメージング研究シンポジウム 2008 —社会のニーズに向けた分子イメージング研究の展開—」を理化学研究所（理研）との共催で東京国際フォーラム（千代田区丸の内）において開催しました。

このシンポジウムは、平成 17 年度に始まった文部科学省「社会のニーズを踏まえたライフサイエンス分野の研究開発—分子イメージング研究プログラム—」事業の成果報告と分子イメージング研究の普及を目的に、文部科学省、（独）科学技術振興機構、（財）先端医療振興財団などをはじめとして日本分子イメージング学会、日本核医学会、日本薬物動態学会など多数の諸学会の後援を得て毎年度開催しております。今回は、本年度がプログラム開始から 3 年目の折り返し地点であることも踏まえ、プログラム名に冠される「社会のニーズ」に目を向けた実質的な研究成果を口演およびポスターにて放医研・理研の各研究拠点から報告しました。また「拠点の技術や設備を使い基礎研究の実績がある研究シーズについて社会的にインパクトのある成果を目指す」ことを目的として本年度募集された個別研究開発課題に採択された 6 機関（京都大学、ジェイファーマ株式会社、岐阜薬科大学、東京医科歯科大学、大阪大学 2 機関）の研究紹介も行いました。

総参加者数 482 名で、その内訳は大学関係者 61 名、研究機関 163 名（放医研 78、理研 52、その他 33）に加え、企業から 215 名（うち 65 名が製薬関連）の来場がありました。また文科省、科学技術振興機構、報道機関などからも参加がありました。

放医研米倉義晴理事長による開会の辞につづき、文部科学省研究振興局倉崎高明研究振興戦略官、プログラムディレクターの横山哲夫先生からご挨拶をいただきました。

講演は、昼休憩、ポスターセッションをはさみ、午前 2 セッション、午後 2 セッションが行われました。放医研からはまず第 1 セッション「標識化学と分子プローブ」において、分子認識研究グループ分子プローブ開発チームリーダーの入江俊章先生より、「放医研における新しい標識リードプローブ開発への取り組み」という演題で生体における酸化ストレスの防御能の機能変化を可視化するような新規プローブ開発法の紹介とその実際の取り組みが報告されました。続いて分子病態イメージング研究グループ分子診断研究チームリーダーの古川高子先生からは、「放医研における腫瘍イメージング基礎研究の

進捗状況」という演題でこれまで明らかになっていなかった悪性腫瘍の特性を洗い出すがんイメージング技術の開発、中でも中皮腫に関連する分子を基にした標識プローブの開発に取り組んでいることが報告されました。

第 2 セッション「先端計測と解析法」では、先端生体計測研究グループ画像解析研究チームリーダーの木村裕一先生から、「放医研における PET 定量分子イメージングにむけたデータ解析手法開発の現状」という表題で PET データの動態解析について、動脈採血を省くことが可能で、かつ高汎用性・高速・高精度に生体機能の解析が可能なアルゴリズム開発の試みが紹介されました。

第 3 セッション「機能評価から臨床応用へ」では、分子神経イメージング研究グループ分子生態研究チームリーダーの樋口真人先生から、「分子間相互作用の理解に基づく認知症病態理解と診断・治療法開発」という演題で、世界に先駆けて放医研で実現したアルツハイマー病モデルマウスにおけるアミロイドとミクログリアの PET イメージングを通して分子プローブとその標的タンパク双方の分子間作用を理解することにより、アルツハイマー病の早期診断・治療への展望が開けることが示されました。

引き続き放医研放射線防護研究センターからお招きした酒井一夫センター長より、「分子イメージングと放射線防護」という演題で講演をいただき、放射線防護は安全を担保しながら放射線・放射性物質の有用性を活用する枠組みを提供するものであって、放射性物質の体内動態に関する詳細な情報を提供する分子イメージングにはリスク評価の高度化への貢献に期待が寄せられました。

ポスターセッションでは総数 29 枚のうち 10 枚を放医研から出展し、PET 疾患診断研究拠点として分子イメージング研究センターにおいてどのような研究がなされ成果が出ているか具体的な紹介が行われました。口演およびポスター発表のいずれも参加者との活発な質疑が交わされ、理研野依良治理事長による閉会の辞により今シンポジウムの全セッションを終了しました。

今回のシンポジウムには製薬、医療機器等関係の民間企業、研究機関、大学関係者など様々な分野から多数の参加があり、本プログラムには幅広い領域から高い関心をもたれていることが再認識され、分子イメージング研究の成果およびその普及の絶好の機会となりました。

分子神経イメージング研究グループ 岡内 隆



## 放射線テロを想定した「成田国際空港におけるテロ対策合同訓練」実施される

平成20年2月15日、成田国際空港第2旅客ターミナルビル本館3階（出発階）を会場として、放射線テロを想定した防災訓練が行われました。サミット開催年あたり、各国要人の入国が予想される成田国際空港でも一層のテロ対策強化が求められています。成田空港ではテロ対策訓練が毎年行われ、それぞれNBCの中からテーマを変えて実施されていましたが、今年は放射線（N）テロに焦点をあてて行われたものです。

この訓練は、主唱が成田NBCテロリズム対策研究会（代表世話人 牧野俊郎日本医科大学成田国際空港クリニック所長）、主催が千葉県警察、成田市消防本部、成田国際空港株式会社で、その他国土交通省や放医研をはじめとする参加機関を併せて、計29機関（表1）の参加を得て行われました。空港機能や運用を停止することはありませんでしたが、訓練参加者188名、うち被災者役としての参加者約50名、動員車両も17台に及ぶ大がかりなものでした。放医研は、放射線の専門機関として、企画から実行まで中心機関の1つとして大きな役割を果たし、訓練当日も19名の職員が現地訓練に参加しました。

訓練の様子を、放医研チームの動きを中心にご紹介しましょう。訓練は、午前10時に旅客ターミナルロビーで男が放射性物質をばらまいたとの想定で開始され、警備員、警察官が被疑者を制止、拘束した後、被疑者の供述と消防隊の放射線検知から放射線テロ発生との連絡が各関係機関へ入ります。警察、消防、関係空港職員らが次々に到着し、空気ボンベをつけた完全防備の隊員が、乗客、職員等現場付近にいた人々の避難誘導とゾーニングを行いました。そこに、放医研のチームもモニター車と救急車の2台で到着し、現場周辺の放射線測定、サンプルからの核種同定、ゾーン設定の確認を行い、現場の

汚染状況や線量率等を現地本部や現場作業員に伝達します。その後、汚染現場の除染作業にはいりました。また並行して、被疑者やその拘束をした警察官ら及び汚染の恐れのある乗客、職員、等の1次スクリーニング、乾的除染（脱衣）、拭き取り除染にも参画しました。放医研職員は、スクリーニング、除染それぞれの部署での取りまとめ役となり、消防、警察、空港職員などと協力しました。現場除染の結果、3人の汚染者は除染不十分で病院搬送が必要との判断となり、内2名は放医研に搬送するとの想定で、汚染局所の養生の後、実際救急車での搬送が行われました。放医研の救急車も、その内の1名を病院として想定した近所の集合場所（駐車場）まで搬送を行いました。事件収束の局面では、現場作業者の退却を放医研が援助し、さらに汚染物の回収、搬送も行いました。訓練終了後、参加者に対し、明石緊急被ばく医療センター長が講評を行いました。

今回想定されたような放射線テロは不安増強を狙った面が多く、対応するには正しい理解が必要です。実際の訓練時間は1時間であったため、かなり時間を圧縮した形で進められましたが、多くの空港関係者に放射線テロ対策の一例を理解して頂けたのではないかと思います。今後、各機関間の連携をさらに強化する訓練が望まれると考えます。また、この訓練は社会の関心も高く、NHKテレビをはじめ多くの報道機関が取材に訪れ、TVニュースや新聞でも取り上げられました。

緊急被ばく医療研究センター被ばく医療部障害診断室  
立崎英夫  
基盤技術センター安全・施設部安全対策課  
宮後法博

## 訓練参加機関

成田NBCテロリズム対策研究会、千葉県警察、成田市消防本部、成田国際空港株式会社、「国際連携ネットワークを活用した健康危機管理体制構築に関する研究」・健康危機管理テロリズム対策システム研究事業（厚生労働省）、独立行政法人放射線医学総合研究所、空港危機管理室、成田空港検疫所、印旛保健所、三郡医師会航空機対策協議会、日本アイソトープ協会、成田赤十字病院、医療法人社団國手会空港クリニック（第1PTB）、日本医科大学成田国際空港クリニック（第2PTB）、日本医科大学千

葉北総病院、日本航空インターナショナル株式会社、全日本空輸株式会社、株式会社JALグランドサービス、東日本旅客鉄道株式会社、京成電鉄株式会社、成田国際空港航空会社運営協議会、セコム株式会社、株式会社全日警、成田空港警備株式会社、株式会社大和サービス、エイチ・エス損害保険株式会社、ジェイアイ傷害火災保険株式会社、NAAファイアー&セキュリティ株式会社



放医研現地到着



発災現場のサーベイ及び除染をする放医研職員



1次スクリーニングをする放医研職員



脱衣、スクリーニングを指導する放医研職員



放医研救急車での搬送



訓練講評する明石センター長

# EPRのバイオニア・Harold M. Swartz 博士が来所

NIRS Distinguished Scientists Invitation Program に基づいて、2008年2月21-22日に、Dartmouth 医科大学 EPR センター長（ニューハンプシャー州ハノーバー）の Harold M. Swartz 博士を招聘した。Swartz 博士の招聘は、安西和紀重粒子医科学研究センター粒子線生物研究グループ放射線効果修飾研究チームリーダーの推薦により実現したものである。

Swartz 博士は、シカゴ大学、シカゴ・ロヨラ大学を卒業後、イリノイ大学医学部で MD を、ノースカロライナ大学で MSPH（放射線生物学）を、ジョージタウン大学医学部で PhD（生化学）を取得された。Swartz 博士は、放射線科医として臨床に携わりながら、電子スピン共鳴法（ESR または EPR）を臨床に応用することを始めたバイオニアであり、この分野における 400 篇以上の優れた原著論文を発表しており、更には ESR を用いての組織内酸素量あるいは放射線被ばく線量の測定に関する 4 件の特許を取得されている。

また、Silver Medal from the Society for Magnetic Resonance in Medicine（1993）、Silver Medal (Biomedicine) from International EPR Society（1994）、Fellow of International Society for Magnetic Resonance in Medicine（1997）、Special Gold Medal as Founder of the International EPR Society（2005）、Fellow of International EPR (ESR) Society（2005）、The International Zavoisky Award（2005）の 6 件の栄誉を受賞（括弧内は受賞年）するなど輝かしい業績の持ち主である。

21 日には、伴貞幸国際・交流課長による放医研紹介の後、立崎英夫室長、小泉満上席研究員、松藤成弘チームリーダーから、緊急被ばく医療研究センター、PET 施設、重粒子線治療施設の紹介が行われた。午後からは、Swartz 博士による ‘The role of Radiation Biology and dosimetry in a medical school and clinical departments’ と ‘Measurements of radiation dose after-the-fact: using EPR for effective triage’ の講演が行われた。



前列左から 高橋理事 Swartz 博士 米倉理事長 白尾理事  
後列左から 筆者 吉田グループリーダー 酒井センター長  
安西チームリーダー

22 日には、岡安隆一粒子線生物研究グループおよび安西和紀チームの若手研究員による研究紹介がなされ、その討論中で Swartz 博士から Dartmouth 医科大学との共同研究の可能性についての活発な提案がなされた。夕方からは、Swartz 博士による 3 回目の講演 ‘Clinical EPR-a unique method for measuring oxygen in *in vivo* for tumor therapy, peripheral vascular disease, and wound healing’ が行われた。

Swartz 博士は 72 歳とは思えない若い声でゆっくりと、しかもしっかりと丁寧な話し方をされる方である。バードウォッチングが一番の趣味でまた大変な愛妻家（夫人も非常に高名な学者である）でもあるらしく、彼との会話中にご夫人と鳥の話題が頻繁に出てきた。

ともあれ、Swartz 博士は放医研と Dartmouth 医科大学との間で協同研究協定を締結することに強い希望を述べておられた。実績のある著名な科学者と放医研研究者との間で実りある共同研究の可能性を探ることが NIRS Distinguished Scientists Invitation Program の目的でもあり、今回の Swartz 博士の招聘により Dartmouth 医科大学と放医研との間でレベルの高い共同研究が実現することを切に希望する。

国際・交流課 伴 貞幸

## —お知らせ—

### 放医研所内一般公開 「こんなに身近な！放射線」

- 日 時：平成 20 年 4 月 20 日（日）10:00 ~ 17:00  
（最終受付は 16:30 まで）
- 主催・会場：独立行政法人 放射線医学総合研究所  
（千葉県千葉市稲毛区穴川 4 丁目 9 番 1 号）
- 後 援：千葉市
- 参加料：無 料  
20 名以上の団体の方は事前に放射線医学総合研究所 広報室までお申し込みください。  
TEL: 043-206-3026 FAX: 043-206-4062  
E-mail: info@nirs.go.jp
- 公開施設：重粒子線治療装置（HIMAC）、サイクロトロン、緊急被ばく医療施設、静電加速器棟、画像診断棟（説明員が対応いたします）
- 講演会：  
11:00 ~ 12:00 「放射線の好き嫌い」  
神田 玲子（放射線防護研究センター規制科学総合研究グループリスクコミュニケーション手法開発チーム チームリーダー）

- 13:00 ~ 14:00 「目で見る脳の機能と脳内分子」  
須原 哲也（分子イメージング研究センター分子神経イメージング研究グループグループリーダー）
- 15:00 ~ 16:00 「進展する重粒子線がん治療」  
鎌田 正（重粒子医科学センター病院治療課長）  
※テーマは講演者都合により変更する場合がございますので、ご承知おきます。
- がん医療相談：無 料
- イベント：スタンプラリー、実験教室、缶バッジ制作コーナー、施設見学会など
- フードコート：来場の皆様のために軽食を販売する模擬店が出ます。
- 交 通：総武線稲毛駅徒歩 12 分または稲毛駅東口から京成バス 31 山王町行き放医研正門下車
- お問い合わせ  
独立行政法人 放射線医学総合研究所企画部広報室  
TEL: 043-206-3026  
FAX: 043-206-4062 E-mail: info@nirs.go.jp



## 体内組織石灰化による標的追跡と線量時間変化可視化ツールの開発

現在まで、治療計画計算機に必要な演算能力およびデータ保存量は急激な増加を続けています。X線治療を含めたメーカー製の治療計画ソフトは FOCAL、XiO、pinnacle などが挙げられます。放医研では重粒子治療を開始した 1994 年当時から、放医研が独自開発した線量計算ソフト「HIPLAN」が治療計画において使用されています。線量計算ソフトは 3次元表示が可能で、治療計画には不可欠です。HIPLAN を含むこれらのソフトはユーザーインターフェースが充実し高機能である反面、内部処理が複雑であり、メーカー製ソフトは独自にコード変更を行うと保証の対象外となるなど機能追加が難しいという制約があります。また可視化の観点では、治療計画ソフトはデータ出力機能を有しており原理的には他のグラフソフトなどで結果表示が可能ですが、その操作には人手が必要であり、現実には大量のデータ処理を自動化して検討したい場合に問題となります。

さて、炭素線の線量集中性をより一層生かす治療高度化の試みとして、照射時の体動、臓器移動を測定し、線量一体積ヒストグラム (DVH) の時間変化を考慮する

研究が盛んに進められています。線量計算にはターゲット形状のみならず水等価厚 (WEL) 情報が必要となるため、遠藤氏により研究された、時間変化が測定できる「4次元 CT」による情報を主に利用します。現在、標的移動の計算の必要性から、体内の石灰化を利用した図 1 に示すような特定断面でのターゲット移動に起因する呼吸位相間での WEL の差や線量差を連続して計算し、カラー表示するツールの開発を行っています。

4次元 CT 情報を用いて体内標的を追跡する方法としては、金属マーカーなどを埋め込む方法と、組織内で位置を特定できる特徴的な箇所を見つける方法の二つに大別されます。治療計画では主として体軸方向画像でのターゲット入力が行われることを考慮して、線量分布計算、CT 値ー水等価密度変換などを HIPLAN と共通化し、多数ファイルの自動処理機能や任意パラメータによる特徴抽出機能をグラフ自動出力機能と統合して持たせることで、照射中のターゲット移動把握のみならず、線量変化

の解析が進むと期待されます。図 2 は 0.1 秒間隔で 100 枚連続撮影された 4次元 CT から、ターゲットスライス内の DVH を呼吸位相に応じて色を変えて表示できるようにしたものです。大量の情報を効果的に可視化できるツールにより、呼吸同期を必要としない患者さんの選定による効率的な治療や、副作用のより少ない照射方向の検討が可能になるなどの利点があります。

開発に当たっては重粒子医科学センター病院、物理工学部照射システム開発室および治療システム開発室の皆様の多大なご協力を賜りました。

**重粒子線がん治療普及推進室 鳥飼幸太**

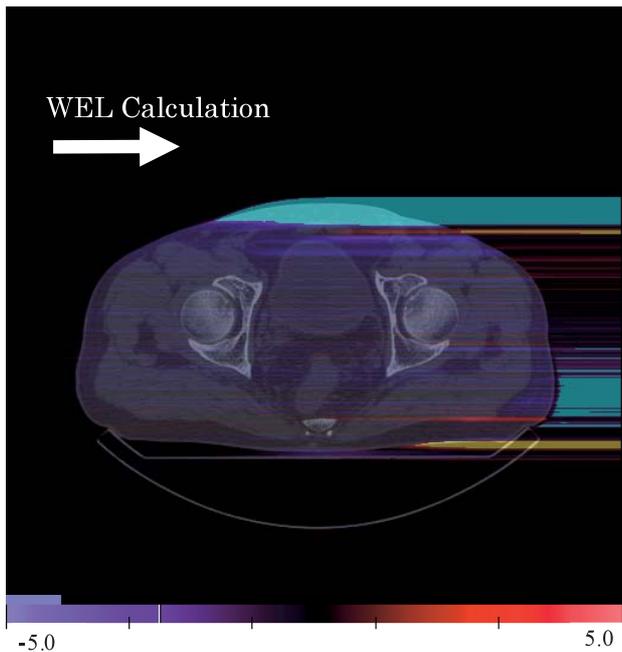


図 1 異なる呼吸位相での水等価厚 (WEL) の差を計算するツールの表示画面。画面には基準位相画像が表示される。図中左方向から WEL を計算し、WEL が増加すると赤色、減少すると青色のグラデーションで表示される。骨盤位置の中心 (前立腺) 付近では WEL の変動が少ないことを計算結果が示唆する。

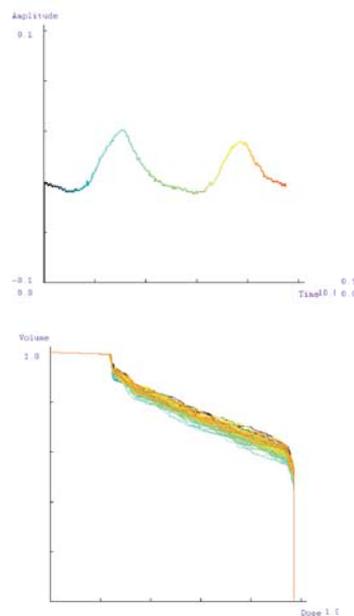


図 2 呼吸グラフと線量一体積ヒストグラム (DVH) の連成表示例。体表面からモニタされた左図の呼吸波形と右図の DVH 情報を連動させ、同時刻の DVH と呼吸位相データが同じ色で表示されている。呼吸位相や振幅とターゲットの DVH 変化に相関があるかどうかを一目で確認できる。

### 漢字パズル答え

「→」は漢字の右側、「←」は漢字の左側、「↑」は漢字の上側、「↓」は漢字の下側のカタカナに相当する部分もしくは漢字 (太字のとき) をとり、繋げて文章にします。(濁音はそのまま)

すると

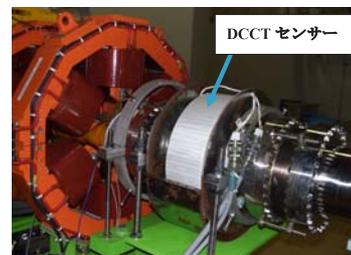
思エバ イトトシ コノトシ月 今コソワカレメ イザサラバ  
と、「仰げば尊し」の最後の部分になります。

では

→材 ←海 ↑勇 ←健  
↑莓 ↓雪 ↑宙 ←左 ↓今

### ●お詫びと訂正●

2月号7頁の図1の写真に誤りがありました。お詫びして訂正いたします。



エッセイ  
**ぱるす**  
No.75

夢広がる定年退職後の  
人生を生きるために！

今年の3月で放医研を定年退職致します。感傷にひたる暇もなく2ヶ月が過ぎ、現在も3月に組まれている2本の研修と大きな会議のことで頭がいっぱいで

す。その他にも職務の詳細マニュアル追加作成など整理しておくべき仕事があり、夢広がる？定年後のライフプランに気持ちを移行させるのは退職した後ということになりそうです。

1976年の千葉大学医学部から放医研への異動を含め、早いもので通算しますと36年余りの公務員生活になってしまいました。寺島科学研究所の勤務では、ICRRの開催、IAEA/RCAの立ち上げと開催、日本放射線影響学会の開催、更にはその間にチェルノブイリ事故も重なり、私にとりまして公私ともに大変想い出深くまた有意義な10年間となりました。その後、生理病理研究部で10年、平尾所長室と佐々木理事長室で4年、その後立ち上がった国際宇宙センターと国際室で国内・国外を含め多方面との接触をもつことの出来た10年を体験させて頂きました。そして最後の1年を現在の人材育成課でお世話になっております。どの部署に参りましても、言葉で言い尽くせない程、仕事を通じての大変貴重で有意義な体験をさせて頂きまして感謝の気持ちでいっぱいでございます。

タイトルにあります定年退職後の夢を少し語らせて頂きたいと思っております。定年後、余裕の時間を持つようになりまして、残された自分の人生の幅を広げることにつながるような事に使えたらと思っております。

久しく途絶えております海外旅行の実現もそうですが、若い時に手を染めて以降、忙しさのために本格的な取り組みが叶えられずにいる茶道・華道・アートフラワー・語学等々への再挑戦が最初です。一念発起40の手習いで始めたフルートも今は休止中、人生一楽器制覇を実現させるためには、実は時間の余裕より根気との闘いのほうが大切なかもしれません。様々な夢を実現するための根源は健康、以前より合気道を教えているお友達から、冗談半分に弟子になることのお誘いを受けていますので、健康増進を目的に、

武道の道にも手を染めてみたいと心密かに思っております。

実は今までに語った夢は二番目のもの、最大

の「夢」は、2003年1月号の「ぱるす」に掲載させて頂きました「アートコレクト」の仕上げに向けての活動です。あの時以降、途絶えることなくコレクションの数は増え続けておりまして、夫婦サラリーマンコレクターとして、新聞、雑誌、テレビなどにも紹介させて頂き、マイコレクション展もかたちを変えて何度かさせて頂きました。今年も年末から来年にかけて、千葉県匝瑳市にあります「松山庭園美術館」に於いて「サラリーマンコレクターによるコレクション展 第二弾 我々が出会った千葉にゆかりの作家・作品展（仮題）」を計画しております。ご興味のある方は是非お出かけ下さい。

コレクターとしての私達の到達点は、「作品を常設展示できるスペースを確保」し、「そこへ多くの方々（外国の方も含めて）にいらして頂き」「共同で至福のスペース・空間・時間」を創造することです。

退職を間近にひかえ、夢の実現に向けた第一歩として、現在、場所の確保を済ませまして、お披露目となる展示会の展示準備を進めております。展示スペースを、少し長いのですが「千葉 KIMURA'S コレクションルーム アトリエ 一隻眼」と名付けました。「一隻眼」とは「いっせきがん」または「いっそうげん」と読み、中国の古い仏の書「碧巖録」の中に書かれております言葉で、「数ある美しいものの中から、その中でも特に秀でて素晴らしいものを見分ける眼」という意味を含んでおります。幻の建築家白井晟一氏の筆になる一隻眼の書に出会って以来、展示スペースの実現の暁には、この言葉を是非使いたいと心に決めておりました。

最近ある方から、「いっそうげん」とは「一双」すなわち夫婦で一对のコレクションのことですか、と問いかけられ、30年以上にわたって夫婦二人三脚で続けてきたコレクターの道程を思い起こし、なるほどそのような読み方、捉え方も出来る「いっそうげん」であったのかしらと、大変嬉しく思いました。

定年退職後は二つの言葉をもつ「いっそうげん」の充実・前進を目指し、夢広がる第二の人生を開拓して生きたいと考えております。

公私に渡りまして大変お世話様になりました。心より感謝を申し上げますとともに、退職後もご指導賜りたく宜しくお願い申し上げます。

企画部人材育成課 木村正子



リビングにて白井晟一の書「一隻眼」とともに



彫刻家・藤本明洋氏（中央）と木村正子夫妻

発行所 **独立行政法人 放射線医学総合研究所**

〒263-8555 千葉県稲毛区穴川4-9-1

発行日：平成20年3月1日 発行責任者：放医研 広報室 (TEL 043-206-3026 FAX 043-206-4062)

ホームページ URL : <http://www.nirs.go.jp>

制作協力 (株)サイエンス・サービス