

平成27年度放射線医学オープンスクール  
報告書  
～最先端技術にふれる～

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団  
医師のキャリアパスを考える医学生の手



## 目 次

はじめに .....	1
I. 概要報告 .....	3
II. スケジュール .....	5
III. オープンスクールガイド .....	7
IV. 指導医師からのメッセージ .....	15
V. 参加者の声 .....	17
VI. 参加者の概要及び反応（アンケート） .....	31
VII. まとめ .....	37
<参考資料 1> 「放射線医学オープンスクール」開催実績 .....	41
<参考資料 2> 京都大学医学部附属病院配布資料 .....	43
<参考資料 3> 株式会社島津製作所配布資料 .....	67
<参考資料 4> 特別講演配布資料 .....	75
<参考資料 5> 入手資料一覧 .....	83
<参考資料 6> 掲載メディア・記事抜粋 .....	87

明日への人材を育てる企業一覧





## はじめに

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

放射線医学オープンスクール（旧 放射線医学見学ツアー）は平成 20 年に国立がんセンター中央病院長（当時）の土屋了介先生の呼びかけで、最先端技術である放射線医学の現場を見学することで、その面白さ、素晴らしさを体感してもらうことを目的に、医師および医学関連分野（薬学、技師、看護師等）物理、工学を専攻する大学生・大学院生を対象に毎年開催して参りました。お蔭をもちまして毎年好評をいただき、今回は 41 名の参加者がありました。

共催の医師のキャリアパスを考える医学生の会は「主体的な活動ができる医学生を作る」を理念に国内外 90 大学の医学生の有志で構成された、大学横断的な会員数 1500 名を超える学生の自主組織であります。大学では学ぶことのできない医療の全般を知り、視野を広げ、医師及び医療を取り巻く課題と将来のあるべき姿を考え、講演会、施設見学会、医療政策等に関する活動を通じ、学生自身がキャリアについて学び、考え、発展していこうというネットワークです。

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団（以下、財団という。）は、粒子線等による先端のがん治療をはじめとする、各種放射線による疾病の治療および診断等に関する医用原子力技術を推進するとともに、その普及を図ることを目的として、講演会・講習会・セミナー・施設見学会等の開催、広告媒体・資料の作成・発行、情報収集・発信、関連施設整備促進・患者支援活動、および線量校正等、放射線治療施設の品質管理支援事業を行っております。本事業では企画に際しての情報提供やアドバイス、あるいは見学施設の紹介などを行う他、宿泊、食事、移動手段の手配等の庶務事項を担当し、経費を含め事業実施を全面的に支援しております。

今回は平成 27 年 8 月 27 日～28 日に 1 泊 2 日の日程で京都大学医学部附属病院（京都市左京区）および医用機器の開発・製造に取り組んでいる株式会社島津製作所（京都市中京区）において開催し、施設見学、講義（全体概要・放射線診断・治療等）、特別講演（より広い視野からの講演）、懇親会（見学先の医師、企業の担当者と参加者との交流）、治療計画実習のプログラムで構成されております。参加者からは「治療のしくみや最新の治療法を知ることができた」、「機械化できない職人の技を感じた」、「最先端の技術の進歩に感銘を受けた」等の感想が寄せられました。

このたび、活動記録を全国のより多くの医療系学生および医療関係者に共有し、本事業への理解を深めていただくため、参加した医学生等が執筆した「平成27年度放射線医学オープンスクール報告書～最先端技術に触れる～」を冊子として発行することといたしました。

医療の未来を築き、支えていく春秋に富む学生に対して、放射線が医療現場でどのように診断・治療に活用され、重要な役割を果たしているかを実際に目にし、肌で感じていただく貴重な機会を提供する本事業は、放射線医学分野に於ける優秀な人材の確保および理解促進に大いに貢献し、医療全体の発展へつながるものと期待されます。

「放射線医学オープンスクール」の開催および報告書の発行に際し、その趣旨をご理解賜り、ご協力ご協賛をいただいた関係各位に対し、心よりお礼を申し上げますとともに、今後とも将来のさらなる発展のため、暖かいご支援を賜りますようお願い申し上げます。

## I. 概要報告

平成 27 年度放射線医学オープンスクール～概要～

医師のキャリアパスを考える医学生の会  
島根大学 医学部医学科 4 年  
藤原 真紀

8 月 27 日～28 日の 2 日間、公益財団法人医用原子力技術研究振興財団と医師のキャリアパスを考える医学生の会の共催により「平成 27 年度放射線医学オープンスクール～最先端技術に触れる～」が開催されました。

本オープンスクールは「放射線医学見学ツアー」として 2008 年に開催されて以来、今年で第 8 回目となりました。今年の参加者は医学系、工学系、その他医療系が約 1/3 ずつとなっており、計 41 名と過去最高の人数となりました。

今回は、株式会社島津製作所、京都大学医学部附属病院で見学・実習をさせていただきました。

1 日目は、まず、株式会社島津製作所にて施設紹介をしていただいた後、ショールームと工場を見学しました。その後、島津製作所創業記念資料館を見学し、最後に辻井博彦先生による特別講演を拝聴しました。島津製作所は「科学技術で社会に貢献する」という考えのもと、分析機器分野・計測機器分野、医用機器分野、航空機器分野、産業機器分野の 4 つの分野で事業展開されており、医用機器事業においては、1896 年のレントゲン博士による X 線発見からわずか 1 年足らずで X 線撮影に成功しています。ショールームでは最新の医用画像診断システム実機を見学しました。工場見学では医用機器の複雑な内部を見ることができ、特に工学系の学生は興味津々でした。また、島津製作所創業記念資料館では、創業当時の医療機器や学校教育のために作られた理科の実験用具が多く展示されており、社会のために科学技術を構築してきた島津製作所の歴史を感じることができました。辻井博彦先生による特別講演では、重粒子線の特徴や重粒子線がん治療について拝聴しました。これからの医療において、重粒子線治療のさらなる普及が重要になるのだらうと思いました。

2 日目の午前、京都大学医学部附属病院にて平岡真寛先生と中村光宏先生による講義を拝聴しました。平岡真寛先生の講義では、定位放射線治療、強度変調放射線治療、動体追尾照射といった高精度放射線治療について学習し、中村光宏先生の講義では、放射線治療の基礎から最先端治療まで放射線に関する幅広い内容について学習しました。三次元に時

間軸をプラスして四次元的治療を行う動体追尾照射のお話が特に印象に残っています。より安全で正確な医療を提供するために、科学技術が巧みに使用されていると感じました。

午後からは、放射線治療部門で最新の治療機器を見学し、具体的な放射線治療計画を行う実習をしました。治療機器の見学では、午前中の講義で聞いた動体追尾照射について、実際に行っている実験を見学させていただきました。放射線治療計画の実習では、配布されたデモ患者の画像を用いて照射方向と照射域を各自学生が考えました。

1泊2日のオープンスクールを終え、参加者は放射線医学・工学に関する基礎から最先端まで、幅広く学習することができました。



京都大学医学部附属病院

## II. スケジュール

2015年8月27日(木)

Time	Schedule
11:30	集合 (JR京都駅)
11:50~12:15	バス移動 (→株式会社島津製作所 本社)

株式会社島津製作所

Time	Schedule
12:15~13:00	昼食
13:00~13:20	開会挨拶
13:20~14:10	施設概要紹介
14:10~14:50	ショールーム見学
14:50~15:20	工場見学
15:20~15:45	バス移動 (→島津製作所 創業記念資料館)
15:45~16:30	島津製作所 創業記念資料館 見学
16:30~17:00	バス移動 (→株式会社島津製作所 本社)
17:00~17:50	特別講演「私と粒子線治療」 辻井博彦 放射線医学総合研究所 フェロー 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 副理事長
17:50~18:00	バス移動 (→島津製作所 共済会館内レストラン)
18:00~20:00	懇親会

ホテル (京都市内)

Time	Schedule
20:00~20:15	バス移動 (→ホテル)

2015年8月28日(金)

Time	Schedule
9:15~9:40	タクシー移動 (→京都大学医学部附属病院)

京都大学医学部附属病院

Time	Schedule
9:40~10:00	挨拶
10:00~12:00	講義 1、講義 2
12:00~13:00	昼食
13:00~15:45	施設見学・治療計画実習
15:45~16:00	アンケート回収
16:00~16:15	閉会挨拶
16:15	解散



### Ⅲ. オープンスクールガイド

平成27年度 放射線医学オープンスクール  
～最先端技術に触れる～

# オープンスクールガイド

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

医師のキャリアパスを考える医学生の手帳

# 目次

## はじめに

放射線医学オープンスクールとは .....9

## 見学先 施設紹介

1. 株式会社 島津製作所 .....10
2. 京都大学医学部附属病院 .....12

## 特別講演 抄録

「私と粒子線治療」 .....14  
辻井博彦 先生 放射線医学総合研究所フェロー  
公益財団法人医用原子力技術研究振興財団 代表理事・副理事長

## 開催実績

### 第1回 国立がんセンター中央病院・放射線医学総合研究所

2008年8月13日(水)～14日(木)

特別講演：「PET装置のもつ可能性に挑戦する放射線の技術」  
放射線医学総合研究所 分子イメージングセンター 村山秀雄 先生  
医学部大学生中心に23名参加

### 第2回 癌研有明病院・国立がんセンター東病院

2009年8月25日(火)～26日(水)

特別講演：「放射線医学の魅力ー将来の進路を考える若者たちへー」  
市立堺病院・元国立がんセンター中央病院 池田恢 先生  
「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に10名参加

### 第3回 癌研有明病院・放射線医学総合研究所

2010年8月17日(火)～18日(水)

特別講演：「放射線医学の魅力」 京都大学大学院医学研究科 平岡真寛 先生  
「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に28名参加

### 第4回 兵庫県粒子線医療センター・Spring8・兵庫県立がんセンター

2011年8月15日(月)～16日(火)

特別講演：「放射線腫瘍医になろう」 近畿大学医学部放射線腫瘍学部門 西村恭昌 先生  
「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に22名参加

### 第5回 放射線医学総合研究所・がん研有明病院

2012年8月27日(月)～29日(火)

特別講演：筑波大学附属病院陽子線医学利用研究センター 櫻井英幸 先生  
「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に26名参加

### 第6回 東芝メディカルシステムズ株式会社・東芝電子管デバイス株式会社 群馬大学重粒子線医学研究センター・がん・感染症センター都立駒込病院

2013年8月22日(木)～23日(金)

特別講演：「放射線腫瘍医として27年で学んだこと」放射線医学総合研究所 唐澤久美子 先生  
「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に20名参加

### 第7回 北里大学病院・神奈川県立がんセンター・エレクトラ株式会社

2014年8月22日(金)～23日(土)

特別講演：「チーム医療は楽しい」神奈川県立がんセンター 中山優子 先生  
「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に34名参加



## はじめに

### 放射線医学オープンスクールとは

「放射線医学オープンスクール」は、普段なかなか接することの出来ない最先端技術である放射線医学の現場見学により、その面白さ、素晴らしさに触れる機会を大学生・院生等へ提供することで放射線医学分野への関心を高め、将来の発展を実感していただくことを目的として実施しております。

プログラムは一泊二日の日程で、施設見学、講義（全体概要、放射線治療・診断、粒子線等）、特別講演、および懇親会（見学先の医師等や参加者相互の交流）で構成されております。対象者は医学部生のみならず薬学や技師、看護師などを専攻する医療系学生や物理工学系学生なども幅広く対象にしており、本事業が放射線医学分野における、優秀な人材の育成にとどまらず、将来の医学全体の発展に大いに貢献することになると考えております。

**顧問** 土屋了介 地方独立行政法人 神奈川県立病院機構 理事長  
辻井博彦 公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 代表理事・副理事長  
小口正彦 公益財団法人がん研究会有明病院院長補佐 放射線治療部部長

#### 医師のキャリアパスを考える医学生の会

会員数 : 国内外 90 大学、約 1,500 名

医学生有志による横断的な組織で、「主体的に活動できる医学生を作る」を理念に、大学では学べない医療を知り、視野を広げることを目標とし、医師・医療を取り巻く課題および将来のあるべき姿を考えることで、学生自身がキャリアについて学び、考え、発信していこうというネットワークです。

#### (公財) 医用原子力技術研究振興財団

平成 8 年 3 月に粒子線等による先端のがん治療をはじめとする、各種放射線による疾病の治療ならびに診断等に関する医用原子力技術を推進するとともに、その普及を図ることを目的として、設立されました。

講演会・講習会・セミナー・施設見学会等の開催、広報媒体・資料の作成・発行、情報収集・発信、関連施設整備促進・患者支援活動、および線量校正等の放射線治療施設の品質管理支援事業を行っています。

## 見学先 施設紹介 1

### 株式会社 島津製作所

#### 本社所在地

〒604 -8511 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地

TEL : 075-823-1111(代表)

<http://www.med.shimadzu.co.jp/>

**沿革** 創業 1875 年

**資本金** 266 億円

**事業概要** 分析機器、計測機器、医用機器、航空機器、産業機器の開発、製造及び販売



島津製作所は、1875 年（明治 8 年）の創業以来 140 年にわたって創業者のパイオニア精神を継承し、「科学技術で社会に貢献する」を社是として事業を展開してきました。お客様の分野の発展に資するような科学技術を進歩させ「人と地球の健康」への願いを実現するため、分析機器、計測機器、医用機器、航空機器、産業機器においてグローバルな事業展開を図っています。

医用機器事業においては、1896 年（明治 29 年）、レントゲン博士による X 線発見からわずか 1 年足らずで X 線撮影に成功しました。1909 年（明治 42 年）には国産初となる医用 X 線装置を当時の陸軍千葉国府台衛戍病院に、1911 年（明治 44 年）には国産初の大型医用 X 線装置を大津赤十字病院に納入するなど、パイオニアとして本邦の X 線画像診断装置の発展を牽引して参りました。

現在は、放射線治療装置用動体追跡システムや乳房専用 PET 装置など、診断・治療の精度向上や患者様の願いに応える新たな装置の開発を進めるとともに、X 線テレビシステム・血管撮影システム・X 線撮影システム等においては、ラインナップの拡充とともに、さらなる被ばくの低減や新たな臨床付加価値を提供するアプリケーションの開発に注力しており、弊社製品は臨床現場で高い評価を頂いています。

#### 研修内容

本社三条工場にて放射線治療分野における当社の取り組みをご紹介のうえ、粒子線治療に関する特別講演会を開催するほか、ショールームにて最新医用画像診断システム実機をご見学頂きます。さらに本社工場内もご見学頂きます。

また、創業の地に建つ島津製作所 創業記念資料館では、大正時代に本邦のレントゲン界を風靡したレントゲン装置・ダイアナ号をはじめ、創業当時の貴重な医療機器、理化学器械をご見学頂きます。

#### プログラム

1. 島津製作所のご紹介・プレゼンテーション
2. 医用機器ショールームご見学
3. 医用機器工場ご見学
4. 記念撮影
5. 創業記念資料館ご見学

#### 医用機器ショールーム



〈ショールームの主な展示品〉

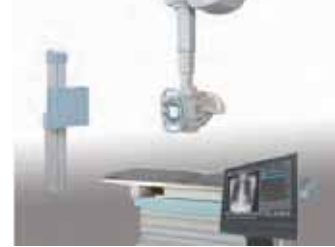
X線テレビシステム  
SONIALVISION G4



血管撮影システム  
Trinias MiX package



X線撮影システム  
RADspeed Pro シリーズ



乳房専用 PET 装置  
Elmammo



放射線治療装置用動体追跡システム  
SyncTraX (コンソール展示のみ)



回診用 X線撮影装置  
MobileDaRt Evolution EFX



## 見学先 施設紹介 2

### 京都大学医学部附属病院

#### 所在地

〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町 54

TEL : 075-751-3111 (代表)

<http://www.kuhp.kyoto-u.ac.jp/>



#### 沿革

- 1899年 京都帝国大学医科大学を設立
- 1899年 京都帝国大学医科大学附属病院を開設・診療開始
- 1919年 京都帝国大学医学部附属病院と改称
- 1949年 京都大学医学部附属病院と改称
- 1998年 胸部疾患研究所附属病院（160床）を統合
- 2004年 国立大学法人化

#### 放射線治療科の紹介

##### 特徴

放射線治療の大きな特色は、臓器の形態や機能を温存しつつ癌を治癒しうることです。乳癌に対する乳房温存療法、脳腫瘍や頭頸部癌、前立腺癌に対する強度変調放射線治療（IMRT）、脳腫瘍や肺癌に対する定位放射線治療（SRT）はこの特色を活かした治療法です。放射線治療は最新のコンピュータ・IT技術・機器の発展に恩恵を受けるところが大きく近年目覚ましく進歩しています。IMRTは、病変に対する放射線の集中度を飛躍的に高めるとともに正常臓器への線量を大幅に軽減可能であり、治療効果の向上と合併症の軽減の両立が期待されます。当科では、2000年に前立腺癌に対して国内でいち早く導入し、IMRT治療総数は国内最多となっています。その後、頭頸部癌、脳腫瘍、悪性胸膜中皮腫、膀胱癌、食道癌、肛門管癌へと順次適応を拡大しています。

当院では新しい治療法の開発にも取り組んでいます。多くのがんあるいは正常組織は呼吸運動、蠕動運動などにより動いていますが、ミリメートルの精度で高度な放射線治療を行うためには、時間軸を加えた四次元治療の実現が欠かせません。この実現に向けて、京都大学は産学連携でがんを追尾する四次元放射線治療システムの開発を行い、医療機器としての承認を受けることができました（Vero4DRT）。2011年夏からは臨床応用を開始し、放射線治療は三次元から四次元へと新しい時代に向かい、我々はそのフロンティアを担っています。

また、高精度な放射線治療を提供するためには、質の高い放射線治療医（放射線腫瘍医）、及び、品質管理・保証を専門とする医学物理士の育成が欠かせません。京都大学は、放射線腫瘍医、医学物理士スタッフをそれぞれ9名、5名有し、国内で最も充実した教育・診療・研究の指導体制のもとに、意欲に満ちた放射線腫瘍医、医学物理士を育成して、研究面、臨床面、いずれも力を入れています。放射線腫瘍学は、今まさにエキサイティングな時期を迎えており、社会からも大きな期待が寄せられています。

#### 治療設備

##### <放射線治療装置>

当院には高精度治療に特化した Vero4DRT の他に 2 台の汎用リニアックがあり、合計 3 台のリニアックが稼働中です（実はもう 1 台ありますが、本年度秋稼働に向けて最新型のリニアックに更新中です）。



Vero4DRT



Clinac iX



TrueBeam（秋稼働予定）

### <CTシミュレーター>

放射線治療の開始前に、治療計画(どのように放射線を照射するか)の実施するためのシステムです。CT画像上で病変部位と正常組織を確認しながら計画を行うことで、患者さん一人一人に合わせて、正常組織を避けつつ腫瘍に集中して放射線を照射できるような計画を立てることができます。また、腫瘍の動きを加味した「4次元CT」の撮影が可能となっており、特に肺の底部や上腹部のように呼吸により大きく動く部位の腫瘍において、腫瘍の動きを把握し、治療計画に盛り込むことができます。



LightSpeed RT, LightSpeed RT16



LightSpeed RT

### <放射線治療ネットワークシステム>

各種の放射線治療装置、治療計画装置は、コンピュータ上でネットワーク化されており、全体が統合されたシステムとして稼働しています。そのため、患者さんの文字情報や画像情報を正確、迅速かつ適切に利用することが可能になっています。高度な放射線治療計画装置、治療装置を備えるとともに、それらをネットワークで結び、最先端の放射線治療に取り組んでいます。

### 研修内容

放射線治療全般についてまずは講義を通じて知っていただき、次に高精度放射線治療(定位放射線治療、強度変調放射線治療、動体追尾照射)についても講義を受けていただきます。その後、実際の放射線治療部門の現場見学、最新の研究治療機の見学をし、具体的な放射線治療計画についても実際に手を動かして体験していただく予定です。

---

### 平岡真寛 先生 ご経歴

京都大学大学院医学研究科 放射線腫瘍学・画像応用治療学分野 教授



1977年 京都大学医学部卒業  
1987年 米国スタンフォード大学放射線腫瘍科客員助教授  
1995年 京都大学大学院医学研究科教授(放射線医学講座 腫瘍放射線科学)  
(2005年 放射線医学講座 放射線腫瘍学・画像応用治療学(研究分野名変更))  
2006年 京都大学ナノメディシン融合教育ユニット長 併任(2010年)  
2007年 京都大学医学部附属病院がんセンター長 併任(～2009年)  
2008年 京都大学大学院医学研究科長補佐(～2013年)  
2012年 京都大学産官学連携本部副本部長  
現在に至る

2008年 産学官連携功労者表彰経済産業大臣賞  
2013年 第10回新機械振興賞機械振興協会会長賞  
2013年 文部科学大臣表彰 科学技術分野開発部門



### 「私と粒子線治療」

放射線医学総合研究所 フェロー  
辻井博彦 先生

平成 27 年度の「放射線医学オープンスクール」を、京都大学病院放射線治療科と島津製作所のご好意により京都で開催することになりました。私にとって京都は単に観光地としてだけでなく、昔から浅からぬ縁があるのです。

そもそも私が粒子線に係わるようになったのは、1978 年、北大放射線科に在職中に恩師の入江教授の勧めでニューメキシコ大学に留学し、同州のロスアラモスでパイ中間子治療プロジェクトに参加したのがきっかけです。中間子とは原子核の中で陽子と中性子を結合させている、つまり核力を媒介している素粒子のことで、1935 年にその存在が京都出身でノーベル賞に輝いた湯川博士により理論的に予言されました。つまり、私と京都は中間子治療を通じて縁が生じたこととなります。いずれにしても、日本人により発見された中間子ががん治療に用いられたのですから、日本人の関心はいやが上にも高くなり、中間子治療が行われていた米国ロスアラモスとともに、カナダとスイスの 2 施設にも多くの日本人が留学しました。

私と京都との次の縁は、私が北大放射線科に勤務していたとき、京大放射線科と島津製作所と共同で CT シミュレータを開発したことです。CT シミュレータとは病巣の位置確認と、3 次元治療計画、および治療シミュレーションを一台の装置で行えるようにしたもので、これにより治療精度は大きく向上しました。この世界初の装置を製作した島津製作所は、昔から新しいものに大変積極的な会社で、CT シミュレータ以外にも、北大放射線科と共同開発した子宮癌の遠隔照射装置（ラルストロン）も世界初の開発でした。会社のこういった風土が、田中耕一先生のノーベル賞受賞などに繋がったものと思います。

ところで、私が本格的に粒子線治療を専門とするようになったのは、1988 年、筑波大学陽子線医学利用研究センター（いまの陽子線治療センター）に赴任してからです。当時の陽子線治療はまだニッチな存在で、世界でも数カ所で行われていませんでした。治療部位はもっぱら脈絡膜悪性黒色腫や頭蓋底腫瘍及び頭蓋内良性腫瘍に限られていました。しかし、これらはわが国では大変稀な疾患ですので、私はもっぱら肝、肺、食道、および小児がんなどに焦点を絞ることにしました。結果的に、これら深在性がんの治療は世界に先駆けた試みになり、今では陽子線治療の代表的な適応になっています。

さて、1994 年は世界の重粒子線治療にとって記念すべき年といえます。この年、治療を目的とした重イオン線加速器としては世界初の HIMAC を用いて、炭素線による臨床試験が放医研で開始されたからです。HIMAC は世界に誇れる施設です。日中のゴールデンタイムはもっぱら治療時間に宛てられますが、夜間と週末は国内外の研究者に解放された国際共同利用施設なのです。

私は臨床部門の責任者として放医研に赴任しましたが、世界に誇る HIMAC を使いこなすのは自分しかいないという自負がありました。これまでの 21 年間に約 9,000 件が治療され、いろいろな疾患で優れた成績が得られました。重粒子線の特徴とか臨床成績については、講演のなかで紹介したいと思います。

#### 辻井博彦 先生 ご経歴



- 1968 年 北海道大学医学部卒業
- 1969 年 国立札幌病院放射線科勤務
- 1972 年 ニューヨーク市 St Vincent Hospital レジデント
- 1974 年 北海道大学医学部放射線科講師（→助教授）  
在職中に米国とスイスで各 1 年間パイ中間子治療プロジェクトに参加
- 1989 年 筑波大学臨床医学系教授・陽子線医学利用研究センター長
- 1994 年（独）放射線医学総合研究所・重粒子治療センター病院長
- 2008 年 同理事
- 2011 年（独）放射線医学総合研究所フェロー
- 2014 年 公益財団法人医用原子力技術研究振興財団 代表理事・副理事長
  
- 2001 年 欧州放射線腫瘍学会 (ESTRO) 名誉会長
- 2005 年 高松宮妃癌研究基金学術賞
- 2005 年 科学技術政策研究所研究者賞
- 2006 年 国際粒子線治療研究会 (PTCOG) 会長
- 2013 年 日本放射線腫瘍学会特別功労賞 (Gold Medal)
- 2015 年 瑞宝中綬章

#### Ⅳ. 指導医師からのメッセージ

京都大学大学院医学研究科  
放射線腫瘍学・画像応用治療学  
小倉 健吾

最初にオープンスクールのお話をいただいたのは2月頃でした。どのような内容にしたらいいか、色々と思案していました。例年の情報からすると20名程度の参加者と考えており、その前提で案内文を出しましたが、その後、実際の参加者数が40名をこえていると伺ったときは正直驚きました。案内文では、放射線治療の計画装置も個々で操作していただき、実際の治療現場へのご案内もあるようなことを書いてしまいましたが、大人数のため現実的に実施困難になってしまい、申し訳ないと思いつつ、正直どうしたらよいか悩んでいました。なんとか短い時間の中で、医学応用としての放射線科学に触れていただけるように工夫したつもりですが、いかがでしたでしょうか。

私自身ついこの間まで学部生というつもりが(勘違い)、大半の参加者とは15~20歳も離れていて、知らないうちに時間が随分過ぎていたことに気付かされました。今回の参加者の名簿を拝見すると、実に様々な学部、出身の方々であり、医学部生は半分くらいで理工学部系の方も多く、普段ならあまり見かけることないユニークな集団でしたが、前日の懇親会では参加者同士ですでにかなり打ち解けている様子で、当日に初めて会った人々とは思えませんでした。医師のキャリアパスを考える医学生の会、医用原子力技術研究振興財団のスタッフの方々の雰囲気作りによるところも大きいと思いますが、世代が変わったというのは年齢だけではないのかもしれないと思いました。また、参加されている方々自体が、大学生の夏季休暇期間中(まずはひたすら遊んで暮らす人が多いであろう、まさにこの時期)に参加している時点で、その意識の高さ、すでに特別な存在(選ばれし者?)と置いていいでしょう。

放射線治療の現場は今回直接ご紹介する機会はありませんでしたが、主に医師、技師、医学物理士、看護師から構成される多職種チームによるものであり、どこが欠けてもうまく回りにくくなり、また、多職種の意見が効率良くかわされなければ、より進歩は望めないと思います。また、学問としての放射線治療は、さらにこれらのチームをこえて、様々な融合分野からの知識、知恵をミックスしないとさらなる高みには行けないと感じています。この時、お互いに持っている専門知識というのが、それぞれ自分の分野の中ではたいしたことがないと感じていても、他の分野からすれば重宝されることがあるかもしれません。ただし、そういうことには実際に出会って話をしてみないとなかなか自身では気づこうと思っても気づけませんので、今回のような横断的な交流がよい機会になるのではないかと思います。

キャリアパスを考える会ということで最後に。私自身まだまだこれからなのですが、参加者の学生のみなさんには、さらに色々な可能性、選択肢があると思います。ときに現実的な障壁が立ちだかるでしょうが、ぜひ我を忘れて没頭できるような、興味を持って打ち込めるものに出会えることを願っています。「好きこそものの上手なれ」で、やはりそれにはかなわない、そう思います。

京都大学医学部附属病院



講義風景



治療計画実習



## V. 参加者の声

福島県立医科大学

医学部 5年

田中 奏多

健康は、時代と医療の発展によって変わってきた。医療の発展により、一度病気になっても治療できる、病気と一緒に生きていくことが可能な時代になった。その発展に医療技術も大きくかかわっているということを肌で感じたオープンスクールだった。

### ①『患者さんに、医療者に、社会に、優しい医療』

世界の医療を率いる日本の放射線医療。日本が世界に誇る、患者さんに、そして医療者に優しい放射線医療というものを初めて知った。京都大学で開発されている Vero4DRT、呼吸変動で変化する癌組織の動体追尾照射を 50mS 後の予測をしながら照射を行う四次元放射線治療システムである。治療の安全性を補強するだけでなく、正常な機能を温存する働きがある。また、機能から癌組織と正常組織を同定することによって、まさに癌組織を照射することが可能になる五次元のオーダーメイド医療のような放射線医療も開発がすすんでいる。ただ病巣を治療するだけでなく患者の QOL を維持するということを重視している。患者さんの安全への綿密な配慮、日本の既存のものをより精密なものへ作りあげる繊細さを感じた。その裏舞台は必ずしも華やかなものではないかもしれないが、着々と新しいものを積み上げている印象を受けた。また、島津製作所さんの乳房専用 PET 装置 Elmammo、吸収、散乱線補正技術により定量性を確保することにより高解像度をもつ診断画像が得られる。現在主流であるマンモグラフィーは、患者さんの乳房を機械に合わせ圧迫する必要がある。痛みが不安となり受診を快く思わない一般の方もいる。ただ痛みが少ないだけでなく、高い診断画像を得られるからこそ患者さんへの優しさが生まれる。機械が患者さんに合わせ、痛みの負担がない、患者さんに優しい検査が可能になる。そして、医療者に優しい医療機器、Mobile DaRt Evolution、回診用 X 線撮影装置で重い機器をモーターで簡単に動く改良がされている。男性はもちろん、女性でも運びやすいように、医療者に優しい設計がされていた。

### ②『人生に周り道はない』

放射線医学総合研究所のフェロー、辻井 博彦先生のご講演では『人生に周り道はない』と、私たち学生の中を押し上げていただいた。辻井先生は元々パイ中間子治療プロジェクトに携わり、中間子がん治療の研究をされていたが、後に重粒子線の治療が脚光を浴びるようになったそうだ。しかしながら重粒子線の治療に、中性子の研究が無駄だったわけではない、中性子の治療の研究があったからこそ、重粒子線の基礎を担う研究者が生まれたとお話しされていた。信念をもってやり続けたら、達成される。目の前のことを見ると回り道を感じる時もあるかもしれないが、信念という軸を持つことによって、長い目で一本の道になる。私も自分の人生に責任をもって一本の道を歩んでいけたらいいなと感じた。

### ③『現代社会における医療』

超高齢社会の現代の日本では、高齢で手術ができない方に対する医療、そしてまさに日本を支えている世代の方がその力を発揮、維持することを支える医療が必要になる。放射線医療は高齢な方、若くても臓器の機能が低下していて切りたくても切れないがん患者さんへの治療の道筋であり、労働力人口が減少している社会へ医療からの一つのアプローチであると思う。医療者は必ずしも神さまのように万能ではない。しかしながら、医療者は患者さんに希望を注ぐという点でのプロフェッショナルだと私は思う。直接患者にかかわるスタッフだけでなく、島津製作所さんのような医療技術のスタッフさんもこの医療の世界を共に作っていると改めて感じ、医療を支える方々に感謝、そして尊敬の念を感じた。

#### 『未来』

私事だが、私は精神科領域の道を志そうとしている。2014年4月に近赤外光脳機能Imagingがうつ病の鑑別診断補助として保険適応になった。しかしながら医学、医療において脳分野は未だ解明途中にある。新しい発見、発明は多様な知識、考え、経験から生まれる。産学連携によって放射線医療が進んだことが大きな例の一つだ。今回のオープンスクールで同じことを学び、同じ時間を過ごした仲間と出会ったことは産学連携の始まりだと思う。島津製作所さんの創業記念資料館で聞いた、二代目島津源蔵さんの『学理を教えられたらその応用を考えなくてはならない。』使えない知識は死んだ知識である。という言葉と同じように、使えない経験は死んだ経験である。ということもいえよう。このオープンスクールでの経験、そしてこれから会う未知なる仲間たちとともに、患者さんに、医療者に、そして社会に優しい医療の発展へ将来貢献できれば幸いである。



株式会社島津製作所 ショールム見学

私は昨年に続き、今年も8月27日～28日に公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団および医師のキャリアパスを考える医学生の方々の会共催の「平成27年度放射線医学オープンスクール ～最先端技術に触れる～」に参加させていただきました。昨年は北里大学病院や神奈川県立がんセンター、エレクトラ株式会社へ見学させていただきました、また参加された首都圏の医学生や薬学生の方々と話をすることもできました。今回のオープンスクールの見学先は島津製作所、京都大学医学部附属病院で、東京から向かうには少し遠めでしたが、昨年と同様に素晴らしい見学先であったことと、私自身が関西の学生の方々と話す機会が少なかつたため、参加することを決めました。

初日は昼前に京都駅に集合し、バスで移動しました。今回は40人余りが参加されていて、昨年と違い理工系の方々が多かつたように感じました。その理由は初日の見学先、「島津製作所」の理工系学生の知名度にあつたのではないかと思います。島津製作所に着き、すぐに昼食となりましたが、これまで食べたことのないような豪華なお弁当でとても驚きました。島津製作所が工学系から医療系まで幅広く技術提供されていることなどを説明され、実際に放射線治療装置の製作を見学させていただき運びとなりました。X線を発生させる真空管(X線管)は世界最高級の技術を持った技術者の絶妙な火加減さじ加減で作られていて、それを間近で見ることができたのは今回の見学で最も感動したものの一つでした。その後、島津製作所の創業記念資料館へ移動し、黎明期のX線撮影装置や学校に提供されていた実験器具などを見せていただきました。案内の方が「島津製作所は時代を先取りしすぎて商品が売れず大変だった」という話をしてくださつたのが印象的でした。そして辻井博彦先生の「私と粒子線治療」の講演では、粒子線治療の開拓者の一人である辻井先生の冗談を交えた経験談をお聞きでき、とても参考になりました。特に放射線治療の研究では海外に行くことが多いので、英語は本当に重要だとおっしゃつたのが印象的でした。懇親会(夕食)では様々な分野の学生の方々と辻井先生ともお話しできる機会があり、本当にいい経験になりました。

二日目は半日の間京都大学医学部附属病院で講義や見学をさせていただきました。講義の方では、平岡真寛先生、中村光宏先生の講義が共にとても上手くまとめられていて、特に中村先生は医学物理グループのメンバーであつたこともあり、物理学科の学生としても為になりました。見学の方では、先端センター機器見学で三菱重工業製の放射線治療装置(MHI-TM2000)を実際に動かしてみてください、動体追尾技術の精度の良さがはっきりと分かりました。治療計画実習では、レントゲン写真からは血管か臓器か癌かも判別できず、とても粗末な治療計画を立ててしまいましたが、多方向から照射できる治療装置のおかげで、放射線を当てたくない箇所を避けつつ、癌に効果的に放射線を当てることができるこ

とを実感できました。昼食はまたしても重箱のような豪華なお弁当で、とても感動しました。

この度は、見学先の株式会社 島津製作所、同創業記念資料館の皆様、京都大学医学部附属病院の皆様、特別講演を下された辻井博彦先生、企画して下さった公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団および医師のキャリアパスを考える医学生の会の皆様、様々なお話をしてくださり、私の拙い質問にも暖かく答えてくださった参加者の皆様に心から御礼申し上げます。



京都大学医学部附属病院 平岡真寛先生による講義

平成 27 年 8 月 27～28 日の 2 日間、京都にて開催された『放射線医学オープンスクール』へ診療放射線技師養成校の学生として参加させていただきました。この研修プログラムは学内の掲示板で知り、最先端の医療・技術を学べるところに魅力を感じ、参加を決意しました。

1 日目は、島津製作所にて研修を行いました。島津製作所では、最新医用機器が展示されたショールーム見学、医用機器工場の見学がありました。島津製作所の医用機器は実験・実習等でも使用する機会は多々ありましたが、製造現場の実際を見たことはなく、今回の研修はとても良い機会となりました。特に印象的だったのが X 線管球の製造過程で、管球は機械を用いてオートメーションで製造されているイメージがありました。しかし、実際は技術者の手作業で製造されており、特に管球溶接作業は高い技術が要求されるため、技術の継承が今後の課題であると話がありました。

その後、島津創業記念資料館へ移動しました。創業の地に建っているこの資料館では、島津製作所の歴史の話をお伺いし、創業当時の貴重な機器などを見学しました。様々な展示物の中には実際に動かして原理を学ぶことが出来るものもありました。印象に残ったのはその一つである、「ウイムシャースト感応起電機」です。この装置は高電圧を発生させるためのものであり、X 線を発生させるためには高電圧が必要ですが、100 年以上も前にこのような装置が作られていたことに驚きを隠せませんでした。

また、特別講演として放射線医学総合研究所 辻井博彦先生より『私と粒子線治療』というテーマでお話がありました。粒子線治療の第一人者である辻井先生のお話はユーモア溢れる非常に興味深いものでした。粒子線治療は個人的に関心がある分野であるため、今回の講演は大変貴重なものとなりました。

2 日目は、京都大学医学部附属病院にて放射線治療分野の研修がありました。まず、京都大学 平岡真寛先生、中村光宏先生より放射線治療の基礎から最先端に至るまでの講義がありました。その後、放射線治療計画に関する講義や最新の高精度放射線治療装置である「Vero4DRT」のデモがあり、最先端の装置を間近で見ることが出来ました。治療計画について学んでおくことは、将来診療放射線技師として放射線治療に携わる上で不可欠なことであるため、今回の講義は非常に貴重なものでした。また、Vero4DRT は他施設で一度見ていましたが、高精度な追尾照射を可能にした「ジンバル機構」の動作のデモなどについては初めて見る事ができました。

2 日間の研修プログラムでしたが、非常に密度の濃い時間を過ごさせていただきました。1 日目の夜の懇親会では、自分とは異なる分野の勉強をされている学生の方々とも交流する

機会もあり、放射線医学に対して多角的な視野をもつことができました。また、この放射線医学オープンスクールというプログラムを知ったのも4年生になってからであったため、もっと早くこのようなプログラムがあることを知ることであればと思いました。

最後になりましたが、今回の研修プログラムを企画・運営して頂いた公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団および医師のキャリアパスを考える医学生の会の皆様、貴重な研修の機会を与えていただいた、島津製作所および京都大学医学部附属病院の皆様に心より御礼申し上げます。



株式会社島津製作所 講義風景



平成27年8月27-28日の2日間、公益財団法人医用原子力技術研究振興財団 (Association for Nuclear Technology in Medicine: ANTM) が主催する“平成27年度放射線医学オープンスクール ~最先端技術に触れる~”に参加しました。本スクールは、過去7回実施されており、今年度は例年以上の参加人数となりました。まず初めにこの場をお借りして、企画運営に尽力いただきました地方独立行政法人 神奈川県立病院機構 理事長の土屋了介先生、公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 代表理事・副理事長の辻井博彦先生、ANTM スタッフの皆様へ感謝申し上げます。そして、充実した見学・実習内容を組んでいただきました島津製作所、平岡教授をはじめとする京都大学医学部附属病院放射線治療科の皆様へ御礼申し上げます。

まず、島津製作所では診断機器やX線管球の製造過程の見学がありました。X線管球の溶接等、職人しか出来ない作業であり、感動するとともに日本の製造レベルの高さを感じました。また、辻井先生の経験談を交えた講演を聴講し、“重粒子線治療への自身の考え”や“国際的に活躍するための語学力の必要性”など、参考になることばかりでした。また、同時に次世代である私たち学生に向けたエールであったり、叱咤激励しているようにも感じました。その後の懇親会では、学生同士やANTMスタッフの方と交流することができ、とても刺激になりました。

翌日は京都大学医学部附属病院での講義と実習でした。午前中は、平岡教授から“放射線治療の概説と4次元治療”について、中村先生から“放射線治療の基礎から最先端の動体追尾照射”について講義があり、活発に質疑応答が行われていたのが印象的でした。また、午後はVero 4DRTを使用した動体追尾照射のデモンストラーションがありました。1軸動体ファントムとガフクロミックフィルムを使用して、静止時、非追尾時、追尾時の3パターン照射を行いました。静止時と比較して、非追尾時では線量プロファイルが歪な形状とな



Vero4DRT の操作体験

りましたが、追尾時では静止時と大差ない結果でした。高い追尾精度であることがわかり、産学官連携で素晴らしい治療機が開発されたということを実感しました。また、実験の間や実験終了後に照射技術や実際の治療に関して活発に質疑応答が行われました。

今回のオープンスクールに参加して、放射線治療技術の発展の速さ・チーム医療の重要性を感じました。放射線治療技術は日進月歩であり、“常に学ぶ姿勢”や“最新の情報を得るための語学能力”が必要であることを再確認しました。また、学生のうちから放射線治療に携わる異分野・他職種との交流ができる点においても、オープンスクールは良い機会だと思います。



京都大学大学院  
工学研究科 原子核工学専攻  
医工融合・先端医学量子物理領域  
博士後期課程 2年 吉田慎太郎

私は物理と医学の学際領域に興味があり、将来は粒子線治療に係る医学物理士になることを視野に入れつつ、現在、タンデム型加速器を用いた MeV 重イオン-気相生体分子の衝突反応ダイナミクスの研究を行っています。本スクールでは最新の研究開発現場および臨床現場の雰囲気を感じること、そして同じような志を持った学生と交流することを目的として参加しました。まず驚いたのは、学部低学年の参加者が多いことでした。早い段階から問題意識を持ち、将来について考え行動している学生がいることを心強く感じました。また、理工系の参加者が 4 割近くを占め、放射線医学に興味をもった様々な分野の学生の需要に応えるオープンで貴重な企画だと思いました。

最初の訪問先である島津製作所では、工場見学、資料館見学、医療機器ショールーム見学、辻井先生による特別講演がありました。工場見学では、最新の技術を使って自動化している行程もあれば、真空管のガラス溶接など職人技によって支えられている製造行程もあり、一人一人の仕事に対する責任が大きく、誰一人欠けてはならない職場だと感じました。資料館とショールームでは、90 年代初頭に製作された X 線透視装置（放射線防護の観点から今では考えられない撮影方法を行っていました）から最先端の X 線画像診断装置に至るまで丁寧に解説していただき、島津製作所が放射線医学分野の発展にいかに関与してきたかが十分に理解できる見学内容でした。最新の開発現場では、患者視線はもちろん使用者視線での装置設計やアプリケーション開発がトレンドで、臨床現場のニーズを取り入れた工夫が随所に見られました。また、医療機器以外にも様々な理化学機器を手がけており、科学的思考を培った人材を育成するための教育環境作りにも貢献してきたことがわかりました。

講演では、常に粒子線治療の最前線で活躍してこられた辻井先生のこれまでの歩みと粒子線治療の歴史をご自身の経験談を交えてお話ししていただきました。粒子線治療の歴史は意外に長く、1946 年に R. Wilson が理論的に提唱し、1950 年代にはローレンス・バークレー国立研究所で臨床研究が行われています。当初日本では、湯川博士が存在を予言してノーベル賞を受賞したパイ中間子や速中性子を用いたがん治療に注目が集まっていたとのことでした。今日、粒子線治療は日本が世界をリードしている分野ですが、辻井先生含め沢山の方々の情熱と弛まぬ努力によって実績が積み上げられてきたことがわかりました。そして、これからの粒子線治療分野の未来は僕らの世代が担っていくのだと改め

て決意を固めました。

京都大学附属病院では、平岡先生、中村先生による講演、動体追尾強度変調放射線治療装置見学、治療計画シミュレーション実習を行いました。平岡先生の講演では、全身の多種のがんを切らずに治療できる放射線治療の魅力を紹介していただきました。中村先生の講演では、放射線物理の基礎や動体追尾照射システムの基礎を医学物理士の立場から解説していただきました。今日の放射線治療は非常に高度化しており、物理的な視点から治療精度を担保する医学物理士の存在がますます必要になってきていると感じました。装置見学と治療計画実習は集中講義などで何度か参加したことがありましたが、世界最先端の技術が集約された治療装置を目の前にすると高鳴るものがありました。治療計画ではCT画像上でGTVの範囲をどこに決めるかの判断が難しく、知識と経験がものをいう仕事だと思いました。

辻井先生と平岡先生は共に海外での研究経験をお持ちですが、お二方揃って英語の重要性を語られていたことが印象的でした。多くのアジア諸国は英語で専門分野を学ぶため、日本人よりも英語が得意と言われています。一方、アジアの中で日本人のノーベル賞受賞者が多い理由として母国語で専門分野の基礎を学べることが挙げられます。日本の大学でも英語で講義を行おうという動きがありますが、思考基板が母国語だからこそ深い考察が可能だと私は考えています。日本語による論理的思考をしっかりと行った上で、英語で意見を言い、議論できなければこれからの時代を切り拓いていくことは難しいと感じています。

参加者との交流では、管理栄養士から見た放射線医学など、私がこれまで考えたことがなかった角度から放射線治療のあり方を考えている学生と意見交換でき、知見を広げることができました。本オープンスクールで見つけたアイディアの種を育ていけるよう、より一層精進していきたいと考えています。

最後になりますが、見学先の島津製作所、京都大学附属病院の皆様、企画して下さった医師のキャリアパスを考える医学生の会、公益財団法人医用原子力技術研究財団の皆様、そして色々とお話をさせていただいた参加者の皆様から御礼申し上げます。



京都大学医学部附属病院 講義風景

平成 27 年 8 月 27、28 日の 2 日間、放射線医学オープンスクールに参加しました。私は一昨年以来の 2 回目の参加です。日本医学物理学会などをフィールドとして放射線医学に関わる研究をしている私にとって、関係する企業や病院を見学でき、多くの先生方や様々なバックグラウンドを持つ学生と交流できるとても貴重な機会になりました。

初日は島津製作所を見学させていただきました。講義や見学を通じて島津製作所という会社について一番印象に残ったことは、ものづくりへのこだわりです。創業者の島津源三氏の発明家としての血が脈々と流れているのを感じ、他の大手メーカーと少し違うものを感じました。

工場見学では、その”ものづくり”の現場を見ることができました。X 線管の真空容器であるガラスの溶接の工程を見学しましたが、技術者の手作りにとても驚きました。ガスバーナーの調整、ガラスの位置の微調整等、これぞ職人技と言うべきものでした。普段 X 線管はありふれたものとして見ていましたが、今後は見方が変わりそうです。

また、島津製作所の史料館では、開発当初の X 線撮像装置を見ることができました。高電圧発生装置がととても大きく、当時は高電圧を生み出すのに苦労したのだろうと想像できました。研究している身である私にとって、研究開発当初の X 線撮像装置を実際に見ることができたことは、励みになりました。X 線の一般撮影は現在どの病院や歯科医でも見ることができ、とても完成されたものとなっていますが、開発当初のものは実験装置のような形をしていました。私は放射線を使った新しいイメージングシステムを研究していますが、もしかしたら私の研究しているシステムもいつの日か多くの病院で見られることになる可能性があるのかと、少し想像してしまいました。

その後、特別講演として辻井先生よりお話をいただきました。内容はご自身の経験を踏まえ、重粒子線治療を中心に放射線治療のお話でした。印象に残った話としては、英語の論文が得るのがとても困難であったというお話です。現在はインターネットを通じて、世界中の論文が容易に手に入りますが、それが当たり前だと思っていました。お話を聞いて以来、論文が容易に手に入ることを幸せに思い、より一層勉強に励みたいと思っています。

夜の懇親会では、島津製作所の方々や京都大学の先生方、医用原子力技術研究振興財団

の方々、そして他の参加者である学生と交流しました。専門分野の違う学生とお話ができるのは、このオープンスクールの1つの良さだと思います。

2日目は京都大学医学部附属病院を訪れ、放射線医療の講義を受講し、contouringの実習とVeroの見学をしました。医学物理の研究をしている者として京大病院は見学したいと思っていたので、とても良い機会になりました。

中でもVeroで実際に照射までしていただき、見学できたことはとても嬉しく、特にジーンバル機構を用いた呼吸を同期しての追尾照射について、レーザーで可視化された形で見られたので、とても興味深かったです。

2日間で、見学先での見たことや聞いたこと、そして他の参加者とお話からも、たくさんの刺激を受けました。これからの研究の原動力にしていきたいと思います。

最後になりましたが、島津製作所の方々、京都大学の方々、医用原子力技術研究振興財団の方々、医師のキャリアパスを考える医学生の会の方々、参加者の方々に御礼申し上げます。



懇親会

この度、平成 27 年 8 月 27～28 日の 2 日間、「平成 27 年度放射線医学オープンスクール～最先端技術に触れる～」に参加させて頂きました。私は医療系の国家資格である管理栄養士養成校の学生であり、本オープンスクールには大学 1 年次から 4 年間連続で参加させて頂いております。私が計 4 回のオープンスクールから学んだこと、そしてオープンスクールを通じて出会った友人は数知れません。今回は 4 年間のまとめという観点から、報告させて頂きます。

最初に結論から申し上げますと、オープンスクールの魅力は 3 点あると感じています。第 1 に最先端の放射線医療に触れることが出来る点、第 2 に放射線医療の現場で実際に働く社会人の方と直接話し、交流することが出来る点、そして第 3 に普段の学生生活では決して出会うことのない、様々な大学・分野の学生たちとの交流ができる点です。

第 1 の魅力である「最先端の放射線医療に触れることができる」ことに関してですが、これは皆様ご想像の通りかと思えます。たとえ医療系学生であっても、大学の授業や臨床実習において最先端の放射線医療の現場を見学することはほとんどありませんし、医療機器メーカーの工場、機器の内部構造となればなおさら見ることは難しいです。普段見ることが出来ない場所を見せて頂くことができ、自分の目にしっかりと焼き付けることが出来る。こんな素敵なのは、他にありません。

更に毎回見学する場所が異なることから、複数回参加することで、病院や企業ごとの違いなどもわかるようになります。まさに、自身の放射線医療に対する意識・知識を深めることができる最適な場所、それこそが本オープンスクールであると私は考えております。

具体的に私がオープンスクールに参加することで学んだ事を紹介したいと思います。

冒頭でも申し上げましたが、私は医療系の国家資格である管理栄養士の学生であり、「医療系学生」として参加しております。一見、私が専攻する「臨床栄養学(食)と放射線医療」は全く関係のない、離れた分野のように感じますが、オープンスクールに参加することで両者が密接に関わっている分野だということがわかり、放射線医療に対する認識が大きく変わりました。

たとえば、全身の栄養状態が良くなければ、がん患者はどんどん痩せていきます。一旦痩せて体型が変わってしまうと、放射線を当てる際にオーダーメイドで作成している固定具を作りなおさなければなりません。また放射線を当てることによって発生する副作用が食事摂取を困難にすることもあります。このような知識は大学でも学ぶことができますが、理論のみを教科書で学ぶのと、実際に自分の目で見てみるのでは雲泥の差です。放射線医



療を支える縁の下の力持ちが管理栄養士であり、自分こそがこの領域に関わり、患者を救っていくのだという「覚悟」をすることができました。

上記の例以外にも、オープンスクールに参加することで学んだことは枚挙にいとまがありません。

更に、第一線でご活躍なさっている医療者やエンジニアといった社会人の方々の講演を生で聴き、交流できることもオープンスクールの魅力です。お話を聴くだけでしたら、たとえば学会や講演会などへの参加で実現できますが、オープンスクールには“懇親会”が設定されています。この懇親会が存在することで、学生の私たちと講師の方々との間で「双方向のコミュニケーション」を行うことができます。懇親会は美味しい料理を食べながらご講演の感想や疑問点など、社会人と学生がリラックスして、率直な意見を交換できる場です。来年以降参加する学生には、ぜひ懇親会の場を有意義に使って頂きたいと思います！

そして、懇親会で交流できるのは学生と社会人の間だけではありません。学生同士でも交流し合えることも、本オープンスクールの魅力であります。4年前は医療系学生のみしか参加できなかったオープンスクールも、現在では理工系学部の学生も参加できるようになりました。医療系大学は単科大学が多いため、理工系の学生と話す機会はまずありませんし、お互いにその存在を意識しあっていない学生がほとんどです。私自身、参加する前はそうでした。

しかしながらオープンスクールで数々の素敵で、熱い理工系学生とお話する中で、これからの放射線医療を支えていくのは医療系学生だけでない、理工系学生も私たちの仲間であることを知ることが出来ました。これはオープンスクールでの重要な学びの一つであります。このように、普段の学校生活では会うことのない学生と、放射線医療について熱い話が出るのは、このオープンスクールだけです！ぜひとも来年以降も、学生と社会人だけでなく、学生同士でもコミュニケーションを取って頂ければと思います！

残念ながら来年は私も社会人、参加することは出来ませんが、陰ながらオープンスクールの盛会と日本の放射線医療の発展を祈念しております。

末筆ながら、ご多用の中大変貴重な機会を与えて下さった各見学先施設の先生方、医用原子力技研究振興財団の皆様、医師のキャリアパスを考える医学生会の皆様、本当にありがとうございました。心より御礼申し上げます。4年間、ありがとうございました。



株式会社島津製作所 ショールーム見学

## VI. 参加者の概要及び反応（アンケート）

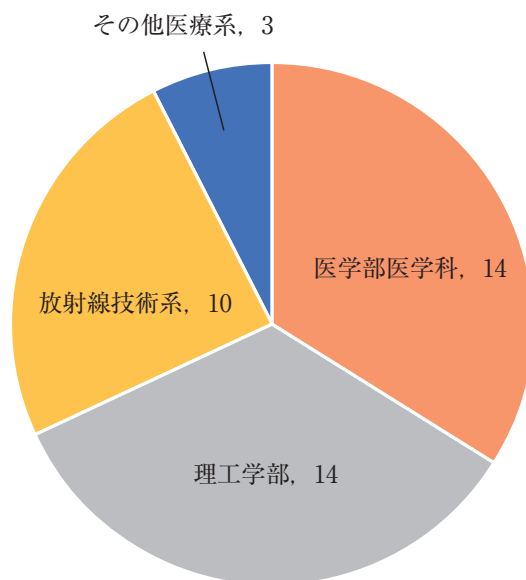
### 【回答者属性】

参加者数 41 名

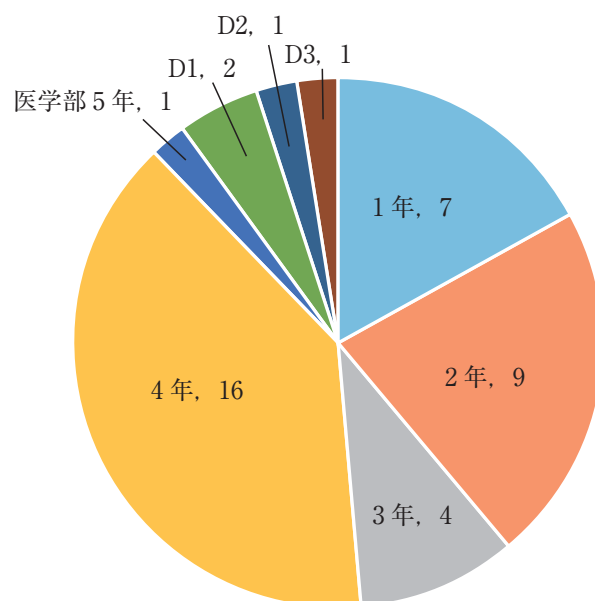
参加大学 23 校（五十音順）

愛知医科大学・大阪大学・川崎医療短期大学・関西大学・北里大学・九州大学・京都大学  
京都医療科学大学・杏林大学・近畿大学・群馬大学・滋賀医科大学・島根大学  
首都大学東京・東京大学・東京医療保健大学・東京女子医科大学・東京理科大学  
東洋大学・日本医科大学・広島大学・福島県立医科大学・University of Edinburgh

### 学部



### 学年



## 1. 参加動機 (複数回答可)



## 2. オープンスクールに参加する前、放射線医学に対して抱いていたイメージ【抜粋】

- ・健康な部位の被爆量が増える。かなり新しい医学である。
- ・X線やPET スキャンのイメージングが主となる分野だとはか思っていなかった。
- ・物理分野の技術を医療に応用しているイメージ。理解が難しそうなイメージ。
- ・技術的には進歩してきているが、あまり多くの人に知られているわけではないので、あまり普及していないイメージがあった。
- ・放射線は治療より診断メインで使われているイメージだった。診断装置は診療所レベルでもよく使われているが、治療は一部の大病院でないとできないイメージがあるからです。
- ・リスクを伴いながらも必要とされる分野。
- ・ここ数十年で生まれてきた比較的新しい医療の一つ。その為、治療費も高く施設も巨大な為、技術面でも社会的な面でも進歩が必要。
- ・切らずに治療ができる最先端の医学。研究途上の分野。
- ・特に医療分野において（地味に）技術革新がめざましい分野で、10年後、20年後のがん治療において中心となっているイメージ。

## 3. 今回のオープンスクールを通じて放射線医学に対するイメージの変化【抜粋】

- ・リスクを断然上回るメリットがあることが分かりマイナスからプラスイメージにかわった。
- ・重粒子線治療や追尾照射など最先端の技術の進歩に感銘を受けた。手術とリスクを比較しても、高齢者に関して言えば体力面の考慮など放射線治療はとても有効な治療手段だと思った。



- ・変わった。多方面から患部に放射線を照射することで、あまり影響なく治療ができるならば、より一般に広まるべきであると思った。
- ・日本ではがん治療について 1. 手術 2. 放射線治療で、2 番手扱いであるが、世界では 1 番手になりつつあり、日本でもそうしていきたいという意気込みを感じました。
- ・放射線医学は時に手術以上の良い結果が得られたり、患者さんの負担軽減がはかれたりと、放射線技術の発展により、より有用で身近なものになってきたことを感じました。メディアでは負の側面を強調されることが多いですが、放射線医学が社会に大きく貢献していることを実感しました。
- ・より精密な治療を行えるようになり、医者<sup>の</sup>被ばくも低減化が進んでいる。日々、新しい機器・技術を考案し、発展している分野。
- ・変わらない。現代の医療にはなくてはならない存在。

#### 4. 株式会社島津製作所（講義・見学）の感想【抜粋】

- ・なかなか見れない技術を目の当りにし、感動しました。日本にこういう企業が有ることは、放射線医を目指す私たちにとって、とても心強い存在だと思います。これからもオンリーワンの先駆者<sup>パイオニア</sup>でいて欲しいです。
- ・世界初の商品を数多く開発なされていて、先駆性のある企業だと感じた。医療機器分野でのパイオニアである島津製作所さんの発想力が凄いと感じた。
- ・創業記念資料館で島津製作所の歴史を知るとともに時代のニーズに合わせて研究、開発、販売をしていることが印象的であった。
- ・最先端の医療機器を見学することができ、とても勉強になりました。また、工場では最先端医療を支える職人の方々の様子を見学でき、将来自分が使うときにはこの方々を思い出して、しっかり使い方を理解して適切に的確に患者のために使いたいと思いました。
- ・実際に医療現場で使われる機械が作られているようすが見れてとても感動した。工場というと医学と関わりがうすいイメージがあったが、こんな多くの方が医療のために動いていると知ってうれしかった。
- ・ガラス管を手作業で溶接していたことにおどろいた。機械化できない職人の技を感じた。
- ・他社にはマネできないような行動力・技術力・ユーモアセンスを兼ね備えたすばらしい企業だと感じました。島津製作所が実験・研究に欠かせない機器を多く発明、開発しているからこそ日本はサイエンスに強い国になれたんだと思います。
- ・色々な器具の組み立て段階を見れて興味深かった。特に X 線を出す部品が数十年も前から今の形とほぼ変わっていないことに島津製作所の技術力の高さを教えてもらった。

#### 5. 京都大学医学部附属病院（講義・見学）の感想【抜粋】

- ・平岡先生の講義は大変わかりやすく、今後放射線医学が社会でより必要とされることになることを実感しました。中村先生の講義では動体追尾照射法の仕組みがとても興味深

く、最先端の技術の一端を知ることができました。実際の治療計画の立て方やVeroの見学で、具体的な治療の取り組み方がイメージできて良かったです。

- ・ 追尾照射での呼吸運動の予測や、イメージング技術との連携の話などは初めて伺った話で面白かった。治療計画実習では照射範囲の決定や照射方法などで意外に難しかったですが大変勉強になった。Vero4DRTの見学も初めて見ましたが、高い性能に驚きました。
- ・ 実際の放射線科の臨床医の講義を聞くことで現場で医師が何をやるべきか見えてきた。同時にCT画像による癌判断など、放射線医の難しさも知ることができた。
- ・ 治療の仕組みや最新の治療法を知ることができた。追尾照射はあまり普及されていないため、将来、操作することができたら嬉しい
- ・ 放射線治療でどういう風にビームを当てるかに正解はないと先生がおっしゃっていたのが印象的でした。一人一人の患者さんにあわせて相談しながら治療計画を立てることが大切のかなと感じた。
- ・ Vero4DRTの検査台に乗って体験できたのは貴重でした。一日でも早い臨床への応用を願っています。
- ・ 京都大学にある機械の精度によって人体のダメージを減らした治療の過程が見られてとても勉強になりました。放射線医が何をしているか、副作用まで聞けてよかった。
- ・ Veroの追尾を呼吸同期で直接見れて感動した。リング回転もとても有用だと思った。

## 6. 特別講演（辻井博彦先生）の感想【抜粋】

- ・ 粒子線治療に関する教科書の記載が少なかったため、今回の講義はとてもためになりました。先生の医師としてのキャリア形成についてもうかがうことができ、とても楽しい内容でした。
- ・ スタートが遅れていても活躍できるチャンスはあると知った。
- ・ 随所に先生のメッセージが込められており、とても参考になるお話でした。特に「重粒子線への好奇心が・・・」というのは印象的で、自分もそのような分野、技術を見つけられるようにしたいと思った。
- ・ 人生を楽しんでいらっやって尊敬します。僕もそういった人生を送れるように今から勉強にはげみたいです。
- ・ 日本から海外に出て医師免許を取ってレジデントとして働いたり、HIMACに赴任した時の話、どれもバイタリティにあふれていて、かつこいいなと思いました。重粒子線はニッチ産業だから、すぐ活躍できるとおっしゃっていて進路選択肢の一つとなりました。
- ・ 粒子線治療に興味を持った。英語をしっかりと勉強しようと思った。

## 7. 懇親会の感想【抜粋】

- ・ 京都大学の放射線治療の先生方とお話しができ、また辻井先生のお話を聞くことができたので良かった。

- ・辻井先生はじめ島津の方々ととてもフランクに話せて楽しい会でした。
- ・とても楽しかったです。普段会うことのできない学部・学科の方々と内容の濃いお話ができ、うれしくもあり、充実した時間を過ごすことができました。

#### 8. オープンスクール全体を通して【抜粋】

- ・放射線腫瘍医を志す確かな動機を得ると共に、放射線治療の持つ可能性、医療の現場や技術開発における放射線科医が果たすべき役割を学ぶことができた。
- ・日常ではできない貴重な場所、機器を見せていただいたり、素晴らしい経験をさせていただいたり、とても有意義な 2 日間になったと思います。他大学、他学部の方との出会いの場ともなり、将来医療に携わっていく上で大変よい機会になりました。
- ・理工系でも学部の早い段階から放射線医学に興味を持つ学生がいることに驚いたし、頼もしかった。
- ・とても良い活動で来て本当に良かったと思います。志の高い方々が全国各地からきていて、僕もやってやるぞっという気合が再びにじみ出てきました。これからの日本を良くしていけるよう皆とがんばりたいです。
- ・とても安価な参加費でここまで素晴らしい質のオープンスクールを開いてくださりとても感謝しています。



特別講演（辻井博彦先生）



## VII. まとめ

医師のキャリアパスを考える医学生の会

島根大学医学部医学科 4年

藤原 真紀

平成26年度の総務省のデータによると、日本の65歳以上の高齢者人口は3296万人で、総人口に占める割合は25.9%と今や国民の4人に1人が高齢者となりました。また、平成26年には初めて8人に1人が75歳以上となり、現在の日本は急速に高齢化が進んでいます。さらに、がん患者数も増加している日本では今後、今まで以上に充実した医療が必要になるはずです。

そのような日本において、放射線治療は今後重要な役割を果たすでしょう。完治を目指して治療に専念する人からQOLの向上を目標とするような病期の進行している人まで、放射線治療は様々な患者さんにとって治療の選択肢の1つとなっています。そのため、放射線治療のさらなる発展がより多くの患者さんに健康回復やQOLの向上をもたらすと考えられます。

今回の放射線医学オープンスクールでは、放射線の歴史から最先端の治療まで、放射線医学に関して幅広い内容を学習しました。株式会社島津製作所ではショールーム、工場、創業記念資料館を見学させていただきました。京都大学医学部附属病院では現場見学と実習をさせていただきました。それに加え、両施設でいくつかの講義を拝聴し、どの時間もとても有意義なものとなりました。今回の放射線医学オープンスクールを契機に、参加学生が放射線医学のさらなる発展の一翼を担う日も遠くはないかもしれません。

最後に、今回このような貴重な機会を与えてくださった土屋了介先生、辻井博彦先生、そして株式会社島津製作所の皆様と京都大学医学部附属病院の先生方、並びに公益財団法人医用原子力技術研究振興財団の皆様にご心より御礼申し上げます。



株式会社島津製作所

## 参 考 资 料





## ＜参考資料 1＞「放射線医学オープンスクール」開催実績

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

1. 名称 「放射線医学オープンスクール」(第6回から)(第5回まで旧称「放射線医学見学ツアー」)
2. 目的 医学部等の大学生を対象に、最先端技術である放射線医学の現場の見学をしてもらうことで、放射線医学の面白さ・素晴らしさに触れる機会を提供する。
3. 内容 1泊2日 見学先2～3ヶ所(全体概要説明、放射線診断・治療、粒子線治療等の講義、施設見学)、特別講演(より広い視野からの講演)、懇談会(見学先の医師等や参加者相互の交流)
4. 参加費 懇談会費、宿泊料の一部は参加者負担 ※第7回は無料
5. 開催実績

1回	<p>日程：2008年8月13日(水)～14日(木)            主催：放射線医学見学ツアー実行委員会 共催：国立がんセンター、(公財)医用原子力技術研究振興財団            見学先：国立がんセンター中央病院、放射線医学総合研究所            特別講演：「PET装置のもつ可能性に挑戦する放射線の技術」                              放射線医学総合研究所 分子イメージング研究センター 村山秀雄先生            参加者：医学部大学生中心に23名</p>
2回	<p>日程：2009年8月25日(火)～26日(水)            主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：(公財)医用原子力技術研究振興財団            見学先：癌研有明病院、国立がんセンター東病院            特別講演：「放射線医学の魅力ー将来の進路を考える若者たちへー」                              市立堺病院・元国立がんセンター中央病院 池田 恢先生            参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に10名</p>
3回	<p>日程：2010年8月17日(火)～18日(水)            主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：(公財)医用原子力技術研究振興財団            見学先：癌研有明病院、放射線医学総合研究所            特別講演：「放射線医学の魅力」 京都大学大学院医学研究科 平岡真寛先生            参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に28名</p>
4回	<p>日程：2011年8月15日(月)～16日(火)            主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：(公財)医用原子力技術研究振興財団            見学先：兵庫県粒子線医療センター、SPring8、兵庫県立がんセンター            特別講演：「放射線腫瘍医になろう」 近畿大学医学部放射線腫瘍学部門 西村恭昌先生            参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に22名</p>
5回	<p>日程：2012年8月27日(月)～28日(火)            主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：(公財)医用原子力技術研究振興財団            見学先：放射線医学総合研究所、がん研有明病院            特別講演：筑波大学附属病院陽子線医学利用研究センター長 櫻井英幸先生            参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に26名</p>
6回	<p>日程：2013年8月22日(木)～23日(金)            主催：医師のキャリアパスを考える医学生の会 共催：(公財)医用原子力技術研究振興財団            見学先：東芝メディカルシステムズ、東芝電子管デバイス、群馬大学重粒子線医学研究センター、                              がん・感染症センター都立駒込病院            特別講演：「放射線腫瘍医として27年で学んだこと」                              放射線医学総合研究所 重粒子医科学センター 唐澤久美子先生            参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に20名</p>
7回	<p>日程：2014年8月22日(金)～23日(土)            共催：医師のキャリアパスを考える医学生の会、(公財)医用原子力技術研究振興財団            見学先：北里大学病院、神奈川県立がんセンター、エレクトラ株式会社            特別講演：「チーム医療は楽しい」 神奈川県立がんセンター 中山優子先生            参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に34名</p>
8回	<p>日程：2015年8月27日(木)～28日(金)            主催：(公財)医用原子力技術研究振興財団 共催：医師のキャリアパスを考える医学生の会            見学先：京都大学医学部附属病院、株式会社島津製作所            特別講演：「私と粒子線治療」 医用原子力技術研究振興財団 辻井博彦先生            参加者：「医師のキャリアパスを考える医学生の会」メンバー中心に41名</p>



**京都大学医学部附属病院  
配布資料**

**①放射線治療の進化**

**～三次元治療から四次元治療に～**

**京都大学医学部附属病院**

**放射線治療科**

**平岡真寛**

**②放射線治療の基礎から最先端まで**

**京都大学医学部附属病院**

**放射線治療科**

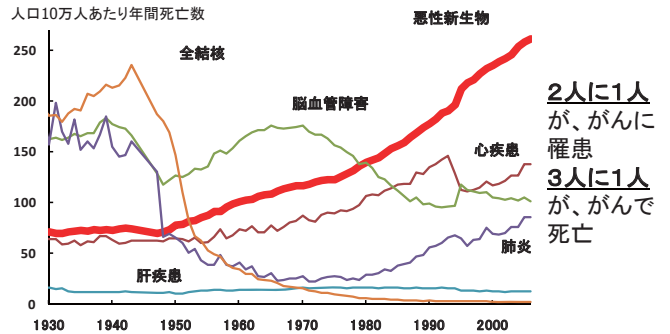
**中村光宏**



## 放射線治療の進化 ～三次元治療から四次元治療に～

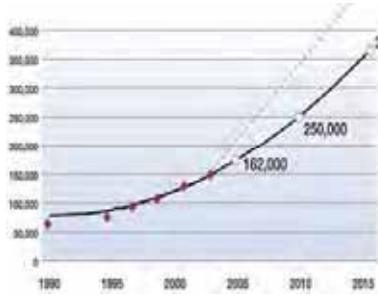
京都大学医学部附属病院  
放射線治療科  
平岡 真寛

## 日本人の死因の変化



がん撲滅は国民的課題

## 放射線治療を受ける患者数は急増



●: 日本放射線腫瘍学会横断調査  
○: 厚生労働省がん研究助成金(14-6)

### 日本の状況

2005年で25%、2015年には30%のがん患者が放射線治療を受けると推定

### 欧米の現状

がん患者の66%(米国)、60%(ドイツ)が放射線治療を受けている

### 背景

- > 高齢化社会の急速な到来
- > 切らずに治す放射線治療への期待
- > IT・画像技術等による放射線治療の高度化

## 放射線の殺細胞効果

- 放射線のターゲットは、細胞の核内に存在するDNA
- 細胞を効率良く殺せる
  - 致死量の放射線エネルギーは熱いコーヒ1杯を啜った時の熱エネルギー増加に過ぎない

がん細胞にも正常細胞にも  
DNAは存在する

## 放射線治療の目指すもの

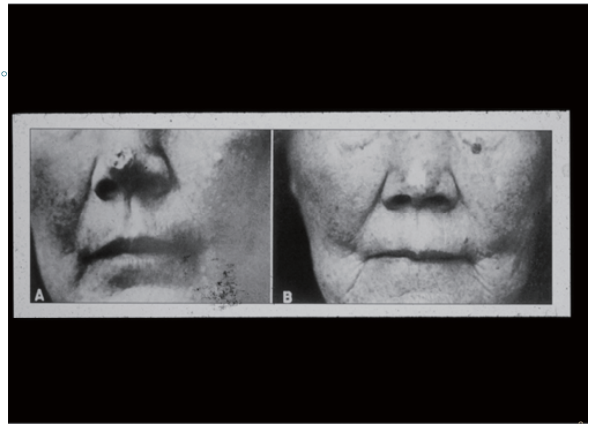
- がんに対する選択的損傷
  - 生物学的アプローチ
    - 同じ線量が当たってもがんだけが損傷される
  - 物理工学的アプローチ
    - がん放射線を集中させる

## 放射線治療の進歩

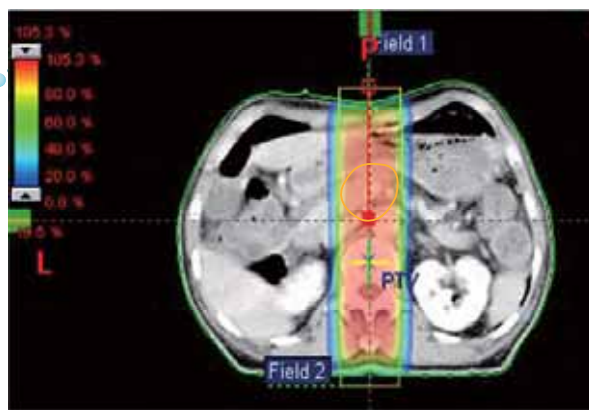




7



8



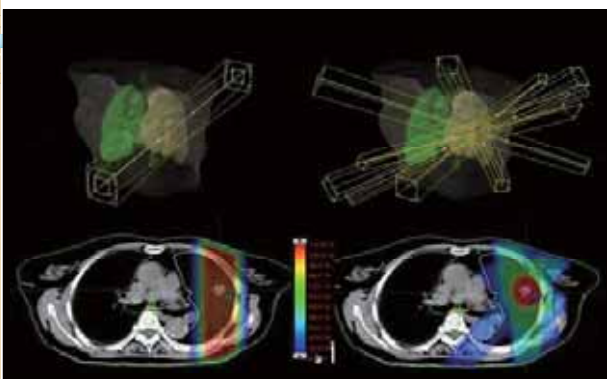
9

## 二次元治療から三次元治療へ

10

二次元放射線治療

三次元放射線治療

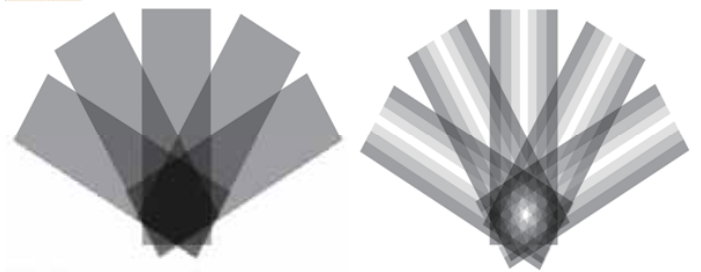


11

## 最先端三次元治療

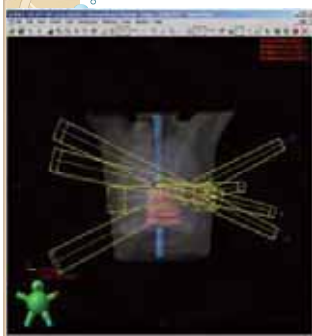
定位放射線治療

強度変調放射線治療



12

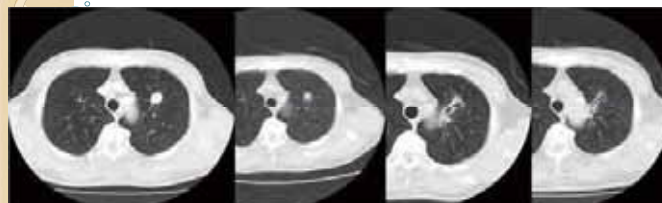
## 定位放射線治療 (SBRT: stereotactic body radiation therapy)



- 特徴
  - 1回大線量かつ小分割回数  
例: 48Gy/4回
- 利点
  - 高い局所制御率 (90%前後) が期待できる
  - 短期間で治療が終了 (1~2週)
- 欠点
  - リンパ節転移は適応外
  - 大きながんは対象外

13

## 定位放射線治療の1例



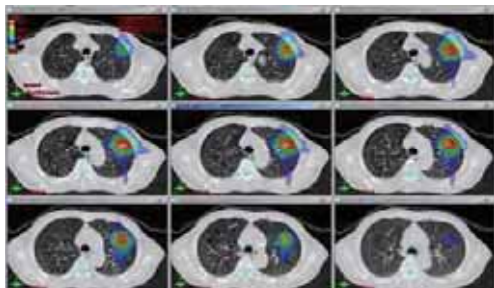
Before SBRT                      2 mo                      8 mo                      11 mo

腫瘍は消失し、5年後の現在も健存



14

## 線量分布



- 48Gy/ 4fr (中心線量)
- 6 方向から照射

15

## 体幹部定位放射線治療

- 1990年代後半より、一部の先進的な施設で始められた (日本が先導)
- 保険収載は2004年4月 (世界初)
- 実施件数は、近年増加

	2001	2003	2005	2007	2009
件数	801	838	1,658	2,490	2,537

JASTRO構造調査より

16

## 肺がんSBRTの治療成績

### 手術不能例

	Dose	No Pts	Age	T1/T2	OS	PFS	Local Ctl
Nordic study	15Gy x 3Fr @ PTV peripheral	57	75 (59-87)	40/17	60% @3yr	52%	92%
RTOG 0236	20Gy x 3Fr @ PTV peripheral	55	72 (48-89)	44/11	55.8% @3yr	48.3%	97.6%
JCOG 0403	12Gy x 4Fr @ IC	100	78 (59-90)	100/0	59.9% @3yr	49.8%	88%

### 手術可能例

JCOG 0403	12Gy x 4Fr @ IC	64	79 (50-91)	64/0	78.0% @3y	54.5% @3y	88% @3y
RTOG 0618	20Gy x 3Fr @ PTV peripheral	26	72.5	23/3	84.4% @2y	65.4% @2y	92.3% @2y

17

## 肺がんSBRTの有害事象

### 手術不能例

	Grade 3	Grade 4	Grade 5	
Nordic study	28%	1.8%	0%	Baumann. J Clin Oncol. 2009.
RTOG 0236	12.7%	3.6%	0%	Timmerman. JAMA. 2010.
JCOG 0403	10.6%	1.9%	0%	Nagata. ASTRO 2012.

### 手術可能例

JCOG 0403	6.2%	0%	0%	Nagata. ASTRO 2010.
RTOG 0618	16%	0%	0%	Timmerman. ASCO 2013.



18



## 手術不能I期非小細胞肺癌に対する放射線治療成績

Author	No. pts.	Ages	Stage	Dose: Median Daily dose	OS @3yr	OS @5yr	Years of study
Morita	149	50-89	I	55-75 (64.7)/ 2Gy	34.2	22.2	1980-1989
Sibley	141	46-95	I	50-80 (64)/ 1.8-3.0Gy:QD 1.2-1.6Gy: BID	39(2-y)	13	1980-1995
Krol	108	56-88	I	60-65/ 2.5-3Gy	31	15	1978-1992
JCOG0403	104	78 (59-90)	IA	48/12Gy	59.9*	40.8*	2004-2008

\* In all eligible patients (n=100)

## 定位放射線治療 対 手術

Author	Number	Age	Stage	3-y OS	5-y OS	Year
Asamura	5642		IA	<b>85</b>	77.3	1999-2004
Okami	367	82 (80-90)	IA	<b>73.8</b>	62	
Matsuoka	40	>80	I	<b>74</b>	57	
<b>Our study</b>	<b>65</b>	<b>79 (50-91)</b>	<b>IA</b>	<b>76*</b>		

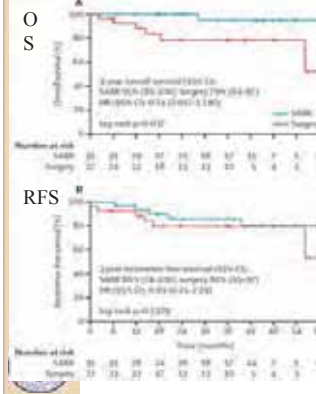
\*In all eligible patients (n=64)

## SBRTと手術を比較した第三相臨床試験

- STARS trial by MDACC
  - closed in Mar 2013 due to lack of recruitment
- ROSEL trial by Vumc
  - closed in Apr 2011 due to poor accrual
- RTOG 1021/ACOSOG Z4099
  - closed in May 2013 due to slow accrual

→手術と放射線治療の比較試験は困難  
しかしながら、...

## Pooled analysis



- STARS & ROSEL
  - 31 SABR, 27 surgery
  - Age med 67.1 vs. 66.7yo
  - Med f/u 40.2 vs 35.4mo
- OS
  - SABR > Surgery
- Toxicity
  - SABR: Gr3 10%, Gr4-5 0%
  - Surgery: Gr3-4 44%, Gr5 4%

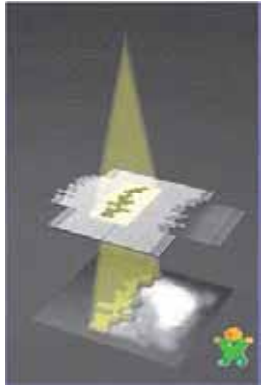
Chang JY. *Lancet Oncol* 2015;16:630-637.

## 肺癌SBRTのガイドライン

- 肺癌診療ガイドライン2013
  - 手術不能I/II期NSCLCは根治的放射線治療の適応 (グレードB)
  - I期NSCLCに対する放射線治療の方法としては、定位放射線照射などの高精度放射線照射技術が勧められる (グレードB)
- NCCN guideline (V3.2014)
  - Early-stage NSCLC (stage I)
  - SABR (SBRT) is recommended for patients who are medically inoperable and who refuse to have surgery.
  - SABR is also an appropriate option for patients with high surgical risk (eg, ≥ age 75y, poor lung function).

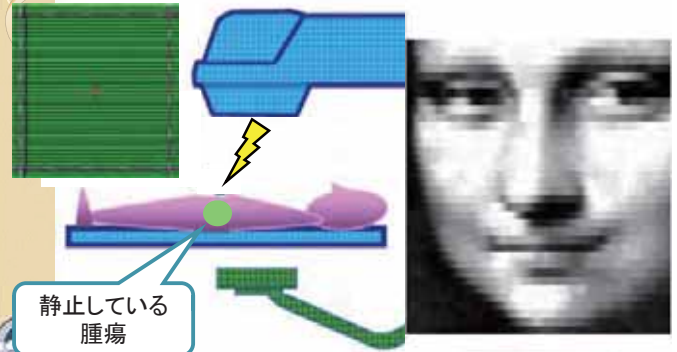
## 強度変調放射線治療 (IMRT) Intensity Modulated Radiotherapy

## Multi-leaf Collimators



25

## 強度変調放射線治療 (IMRT)

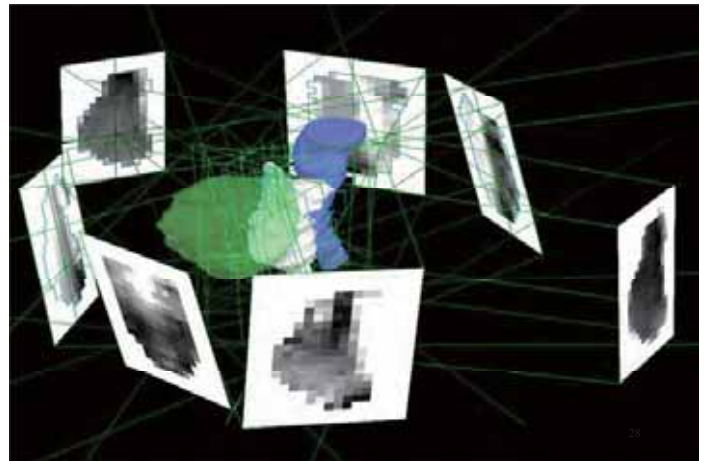


26

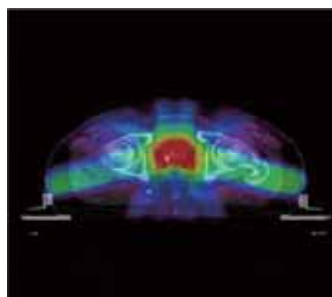
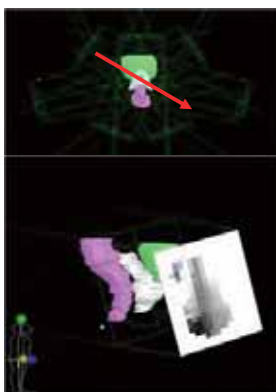
Dear President,



27



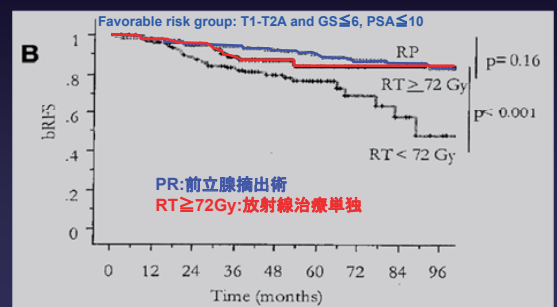
28



各ビームは、MLCにより形成された固有の強度変調線束を持つ

29

## 限局性前立腺癌予後良好群における生化学的非再発生存率



For this analysis, biochemical control was defined as reaching and maintaining a PSA level < 0.5 ng/mL.

Cleveland Clinic Foundation, Cleveland, OH. J Clin Oncol 20:3376-3385, 2002

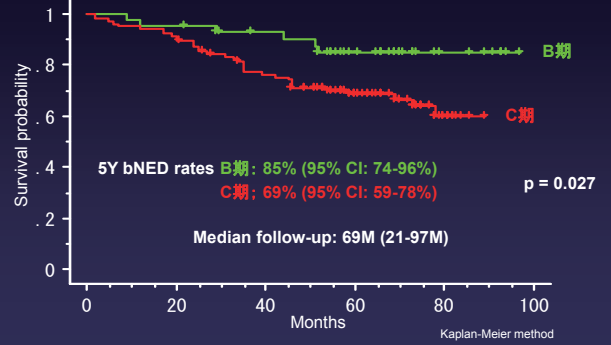
外部照射における患者セットアップ例



Dept of Radiation Oncology & Image-applied Therapy Kyoto University

31

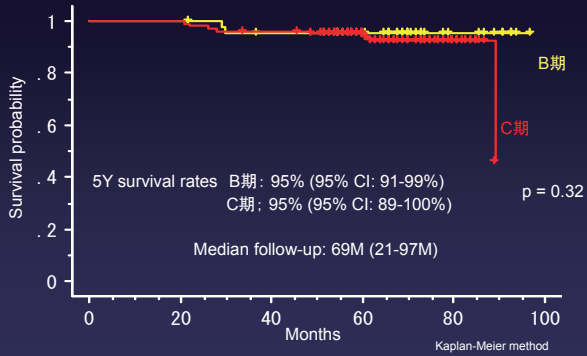
PSA failure-free survival by stage



Dept of Radiation Oncology & Image-applied Therapy Kyoto University

32

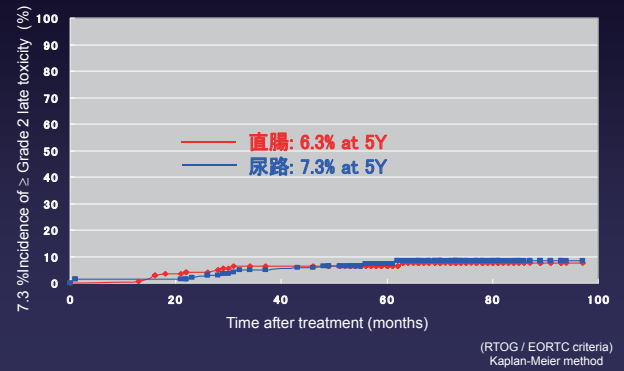
Overall survival by stage



Dept of Radiation Oncology & Image-applied Therapy Kyoto University

33

Cumulative incidence of  $\geq$ G2 late toxicities



Dept of Radiation Oncology & Image-applied Therapy Kyoto University

34

Simultaneous Integrated Boost (SIB)



前立腺 + 精嚢  
78Gy/ 2Gy/fr./39fr

骨盤内リンパ節転移  
66.3Gy/1.7Gy/fr./39fr

骨盤内リンパ節(予防)  
58.5Gy/1.5Gy/fr./39fr

腸管  
線量は著明に減少

必要なところに必要な線量を

高精度放射線治療の登場によって

至適下治療から至適治療へ

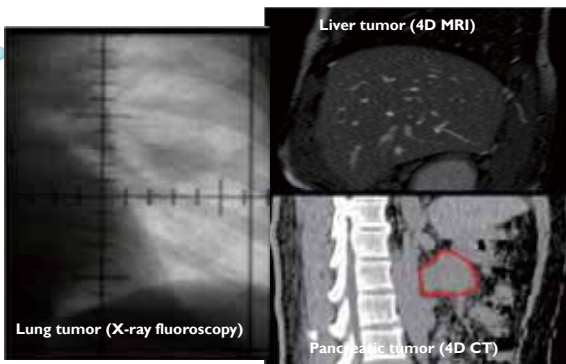
35

36

## 三次元治療から四次元治療へ

37

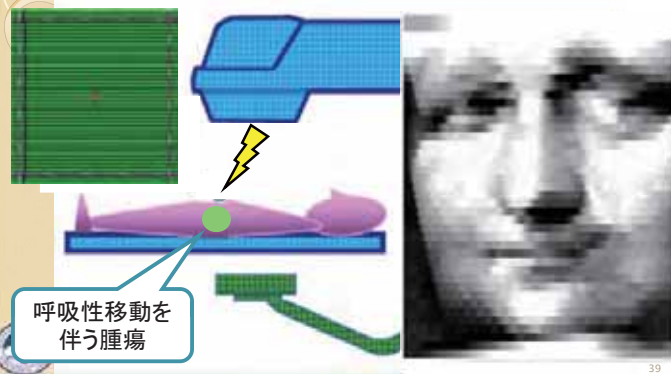
## 呼吸移動



肺、肝、膵は呼吸と共に動く

38

## 強度変調放射線治療

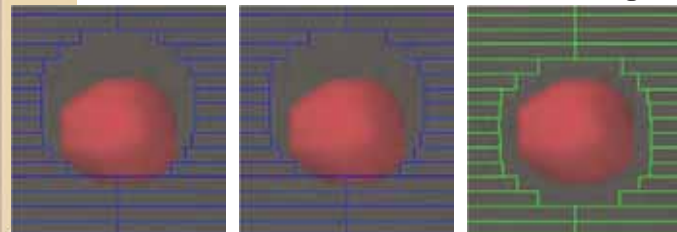


39

## 四次元放射線治療(4D-RT)

• 4D-RT=3D-RT+time

- Breath holding
- Gating
- Tracking

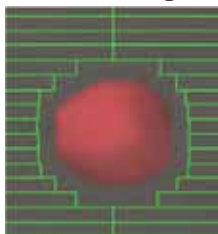


40

## 4D-RT

• 4D-RT=3D-RT+time

- Tracking



41

## Commercially available DTT system



CyberKnife

Vero4DRT

42



## Vero4DRT開発の歴史

- 2000 プロジェクトスタート
- 01 コンセプト立案
- 02 第1世代 (工場テストマシン)
- 03
- 04 第2世代
- 05 第3世代 (臨床バージョン)
- 06
- 07 薬事承認 (FDA 2008, 日本2009, CE2010)
- 08 先端医療センターにて臨床開始
- 09 京大病院にて臨床開始
- 10 京大病院にて動体追尾体幹部位放射線治療開始 (201109)
- 11 動体追尾IMRT開始 (201305)

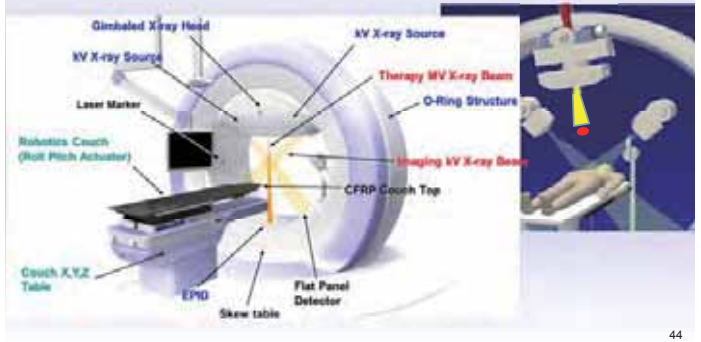
Concept



3rd generation

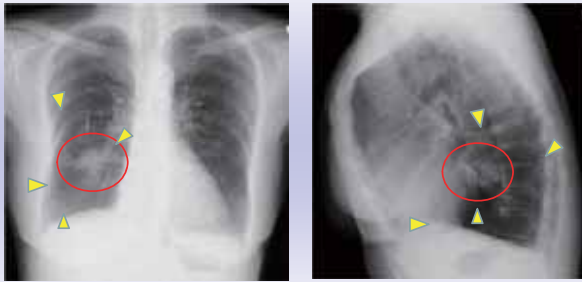


## Vero4DRT (MHI-TM2000)



44

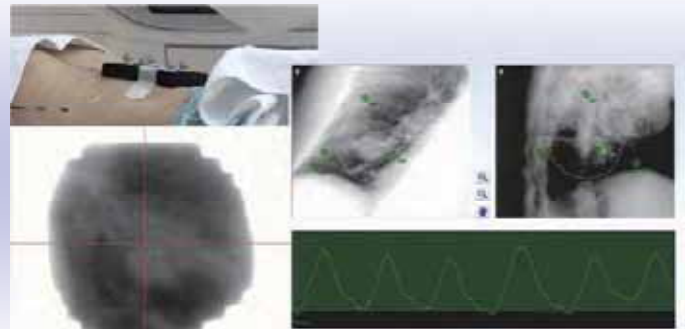
## 胸部XP



赤丸：腫瘍  
黄矢頭：金マーカー

45

## 照射



KV X-rayは確認用  
IRマーカーの動きに基づいてMV照射

46

## EPID monitoring (movie)

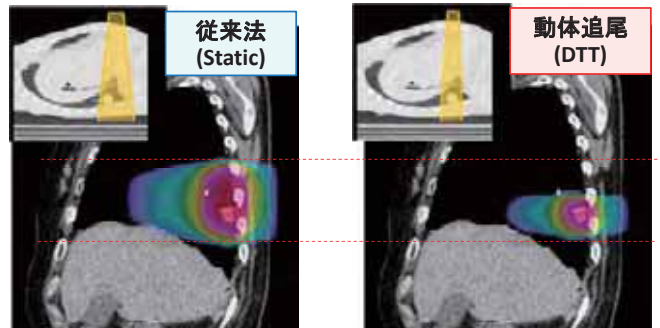
黒い部分が照射されて範囲で、その中心に病変が白色に見える。常に病変を中心にとらえながら照射されていることが分かる



47

## 4次元線量分布 (in house MC)

6MV X線、固定6-8門、MLCマージン5mm



当科石原佳知氏作成計算エンジン

48

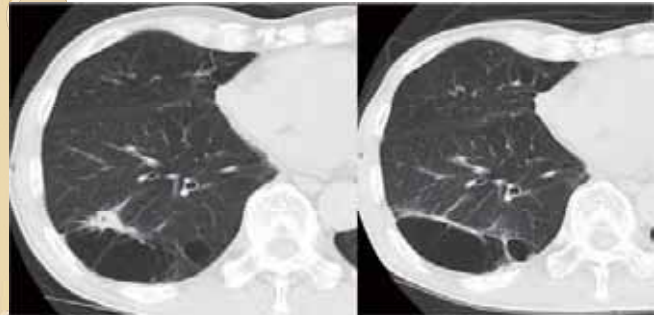
## DVH (conventional vs DTT)

n=20

Mean [range]	conventional	DTT	Difference
PTV (cc)	62.6 [16.6-162.0]	44.6 [10.4-109.8]	28.8%↓
GTV D95 (%)	94.0 [89.5-99.3]	93.6 [89.9-98.0]	0.4%↓
Lung V20 (%)	6.1 [2.2-17.2]	4.9 [1.9-13.7]	19.0%↓
Lung V5 (%)	21.1 [7.6-32.1]	19.2 [7.2-30.7]	9.3%↓
Spinal cord max (Gy)	8.8 [3.9-17.9]	7.5 [1.8-14.8]	13.3%↓
Liver V15 (cc) *5 cases	139.9 [16.5-244.8]	74.0 [3.8-162.3]	52.4%↓
Stomach max (Gy) *2 cases	32.1 ⇒ 28.0 ⇒	24.0 7.8	25.1%↓ 72.0%↓

49

## 症例



Before DT-SBRT

4 months

50

## リアルタイム化の動体追尾IMRT(膵がん)

kV X-ray images

EPID

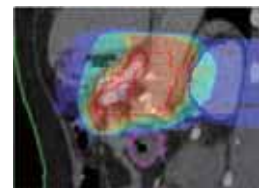
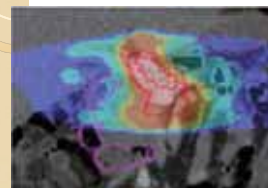


Abdominal IR marker position

- During beam delivery, we acquired two orthogonal kV x-ray fluoroscopic images on which VISICOILs were identified every 1 s.
- When the predicted VISICOIL positions (green X on the kV images) systematically deviate from their internal positions, we update the 4D model.

51

## 4次元の放射線治療分布 膵がんの追尾IMRT



CORONAL PLANE

SAGITAL PLANE

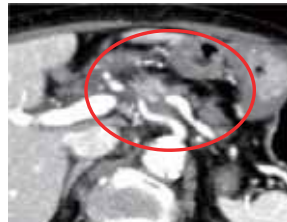
- すべての呼吸相で集積された線量分布
- 腫瘍部分に高線量を投与する一方で、周辺の胃、十二指腸の線量は明らかに減少。

52

## 71歳、膵頭部がんcT4N0M0



Pre IMRT  
2014/2/19



Post IMRT  
2014/11/25

IMRT : 51Gy/15fr/3 W + GEM

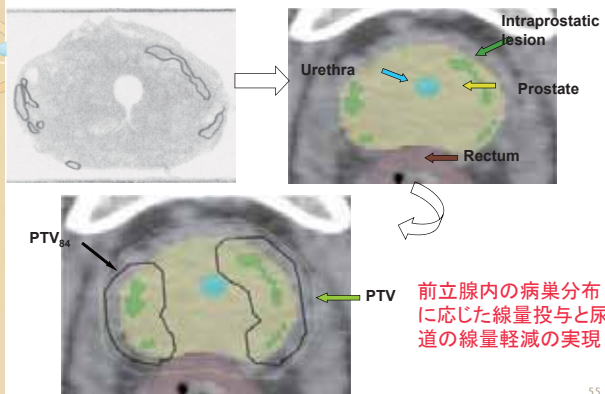
53

## 放射線治療の近未来

診断と治療の融合による  
個別化放射線治療へ

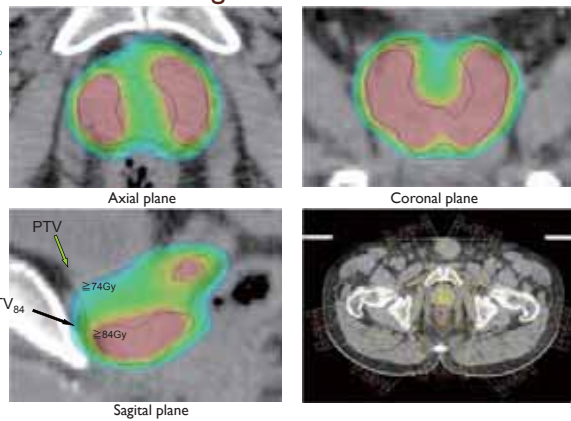
54

### Dose Painting to Prostate Cancer



55

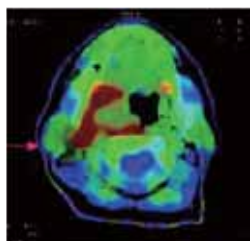
### Dose Painting to Prostate Cancer



56



4D RT



Biology-image guided RT

物理学情報

ヒト癌の生物学情報

個別化した五次元治療

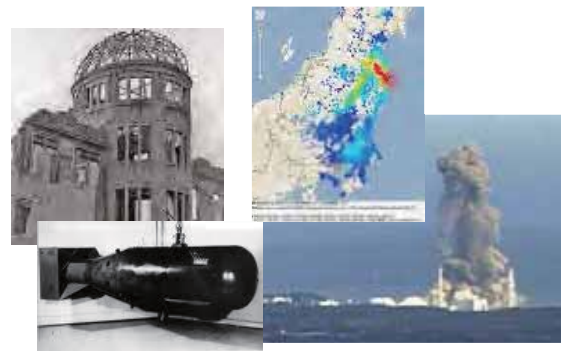
57



## 放射線治療の基礎から最先端まで

中村 光宏  
 京都大学医学部附属病院 放射線治療科  
 m\_nkmr@kuhp.kyoto-u.ac.jp

## 放射線のイメージ



日本での「放射線」の  
 イメージの代表  
 突然変異、発がん



## 医学の世界では放射線は必須



## ウィルヘルム・コンラッド・レントゲン(1845~1923)



Wilhelm Conrad Röntgen  
 (1845年3月27日 - 1923年2月10日)  
 ドイツの物理学者でX線の発見により、  
 1901年、第1回ノーベル物理学賞を受賞



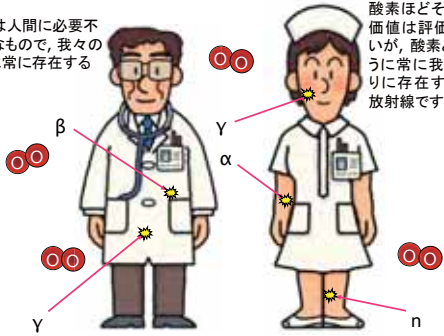
1896年1月23日

## 放射線の歴史

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1895 • レントゲンによるX線発見</li> <li>1896 • ベクレルがウラン鉱より放射能を発見</li> <li>• グラフ、初のX線によるガン治療</li> <li>1897 • トムソンが電子線を発見</li> <li>1898 • ラザフォードがα線β線を発見</li> <li>• キュリー夫妻がラジウム、ポロニウムを発見</li> <li>1900 • ヴィラールがγ線を発見</li> <li>1902 • ラザフォード、ソディによる放射線壊変発見</li> <li>1905 • アインシュタインが特殊相対性理論を発表</li> <li>1912 • ヘスが宇宙線を発見</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>1932 • 湯川秀樹が中間子論を発表</li> <li>1934 • キュリー夫妻、ジョリオが人工放射性同位元素を発見</li> <li>1938 • ハーンがウラン核分裂を発見</li> <li>1946 • リビーが<sup>14</sup>C年代測定法を開発</li> <li>1951 • 世界初の原子力発電(アメリカ)</li> <li>1953 • ガン治療用として<sup>60</sup>Co輸入開始(日本)</li> <li>1958 • 医療用具としてのγ線照射による滅菌が開始</li> <li>1972 • ハンスフィールドがX線CT装置を開発</li> </ul> |
|--|---|

## 放射線は身近な存在

酸素は人間に必要な不可欠なもので、我々の周りに常に存在する

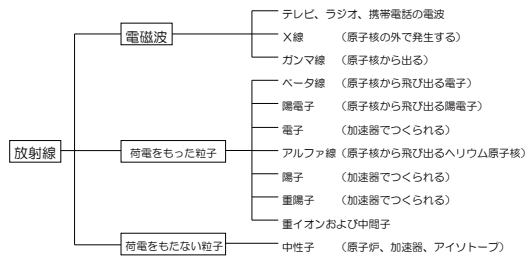


酸素ほどその存在価値は評価されないが、酸素と同じように常に我々の周りに存在するのが放射線です

## 放射性核種による自然放射線被ばく



## 放射線の定義 (広義)



## 放射線の性質

- 透過作用
  - 物質を透過する作用→X線診断への利用
- 電離作用
  - 物質を透過する際、その物質を作っている原子や分子にエネルギーを与えて、原子や分子から電子を分離させる性質→治療への利用
- 蛍光作用
  - 物質にあてると、その物質に特有な波長の光を放出する性質→蛍光増倍管とテレビジョンによる透視画像
- 写真作用
  - 写真フィルムを感光させる性質→画像のフィルム表示
- 生物学的作用
  - 生物を構成する細胞の重要部分に放射線が当たり、電離作用により細胞が損傷を受ける性質→治療への利用

## 放射線の医学利用

放射線の種類	放射線の実体	発生方法	目的
アルファ線	ヘリウムの原子核	加速器/RI	治療
重陽子線	重水素の原子核	加速器	治療
陽子線	陽子	加速器	治療
重荷電粒子線	炭素などの原子核	加速器	治療
ベータ線	電子	RI	治療
中性子線		原子炉	治療
ガンマ線		RI	診断・治療
特性エックス線		RI	診断
電子線	加速した電子	加速器	治療
X線	人工的なX線	加速器	診断・治療

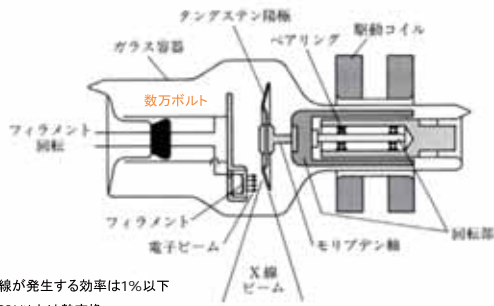
## X線の特徴

- 可視光線や電子レンジに用いられているマイクロ波と同じ光(電磁波)
- 可視光線と比較して
  - 波長が短く、エネルギーが大きい
  - 透過性が高い



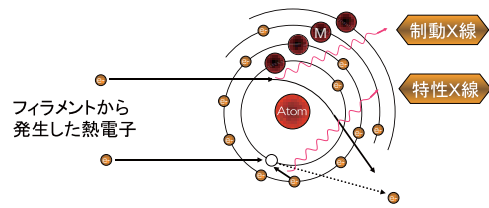
<http://pfwww.keke.jp/>

## X線発生原理



X線が発生する効率は1%以下  
99%以上は熱変換

## 制動X線と特性X線



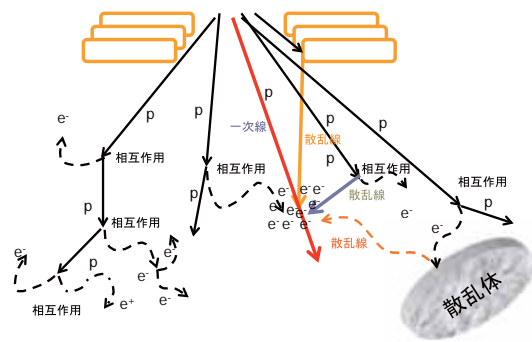
### 制動X線

■熱電子が原子からのクーロン力によりその運動が曲げられる時、エネルギーが電磁波として放出されるもの

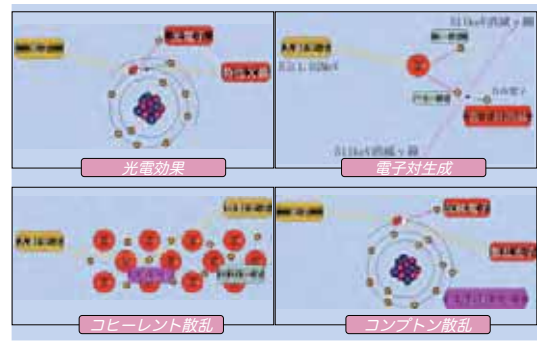
### 特性X線

■熱電子が軌道電子をたたき出す → 空位になったところが外側のより高いエネルギー準位の軌道電子が落ち込んで入る  
このとき、エネルギー準位の差に相当する分が電磁波で放出される

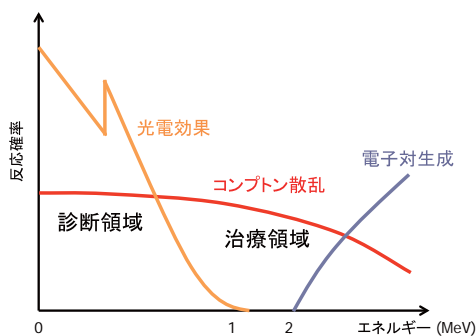
## X線・電子線の挙動



## X線と物質の相互作用



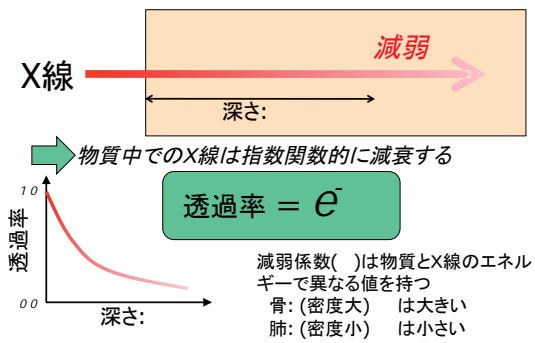
## X線と物質の相互作用の確立



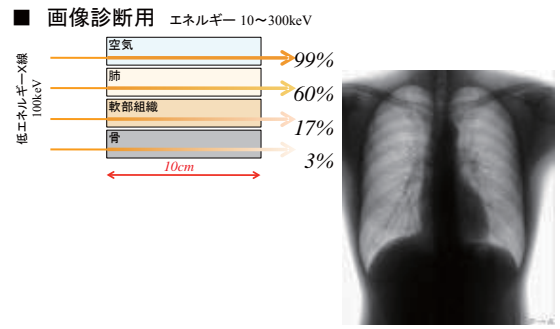
## 診断用X線の特徴

- 線撮影では 人体への被ばくが少なく 画像コントラストを得ることが目的
  - エネルギーが低い方が有利
- 物理的には 線は電磁波なので 組織間を素通りする
  - 透過写真撮影に向いている

### X線の減衰



### X線写真

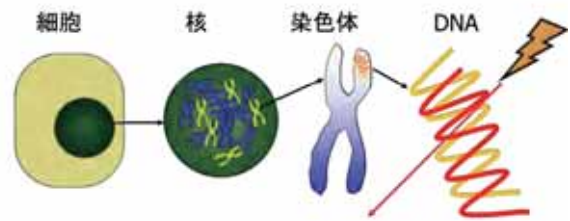


### 治療用X線の特徴

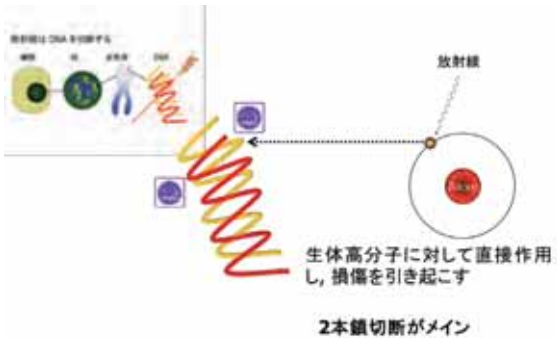
- がん治療では、がん細胞に大きなダメージが必要
  - がん細胞の死滅が目的
- 物理的には診断用と同じX線なので、組織を素通りするだけだが、エネルギーが高い分だけ二次的な荷電粒子(反跳電子)の発生が多い

### 放射線によるDNA損傷

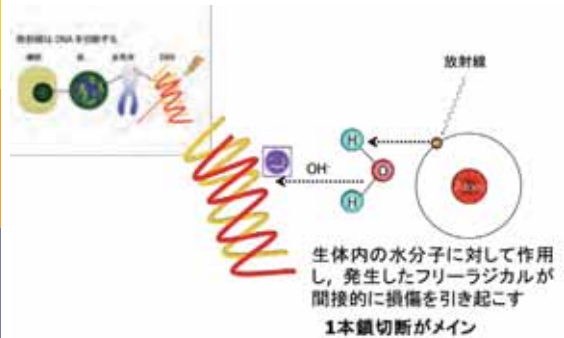
#### 放射線はDNAを切断する



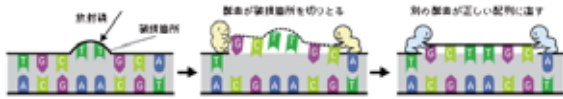
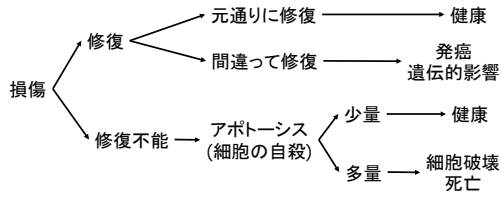
### 直接作用



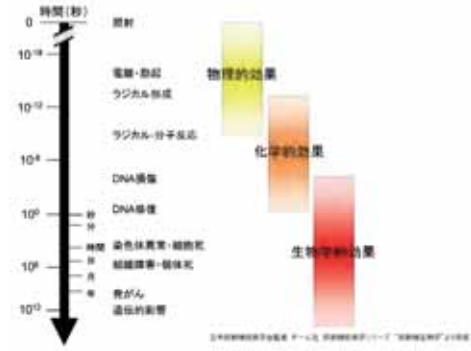
### 間接作用



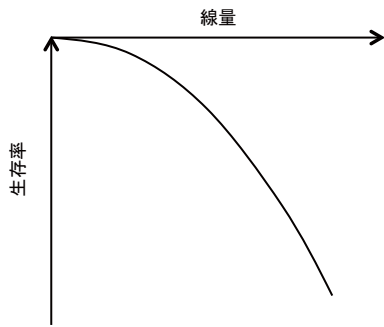
### 放射線によるDNA損傷の影響



### 放射線の生物作用の時間経過



### 細胞生存曲線



### X線治療

- 1日に2 Gyを照射
  - 乳房: 5週間
  - 頭頸部: 5~6週間
  - 肺: 5~6週間
  - 食道: 5~6週間
  - 前立腺: 8週間



### 線量分割による回復効果



### 放射線のエネルギー

□ 放射線の単位: Gy=J/kg

- 前立腺の放射線治療
  - 前立腺質量 = 0.08 kg
  - 治療線量 = 78 Gy
  - 吸収エネルギー =  $78 \times 0.08$
  - = 6.24 (J) =  $6.24 \div 4.18 = \mathbf{1.49 (cal)}$

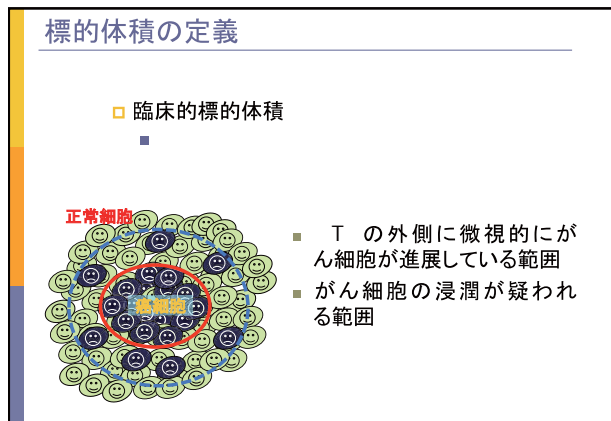
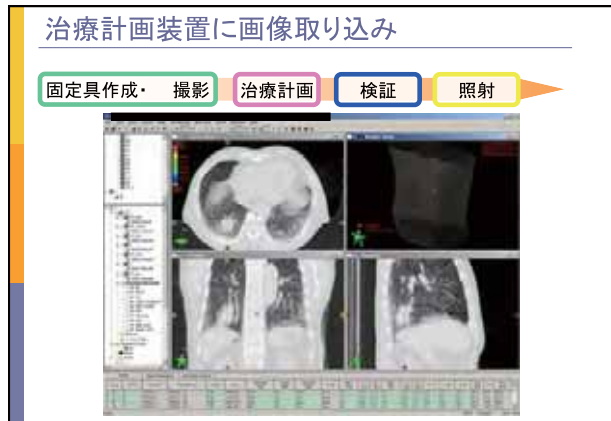
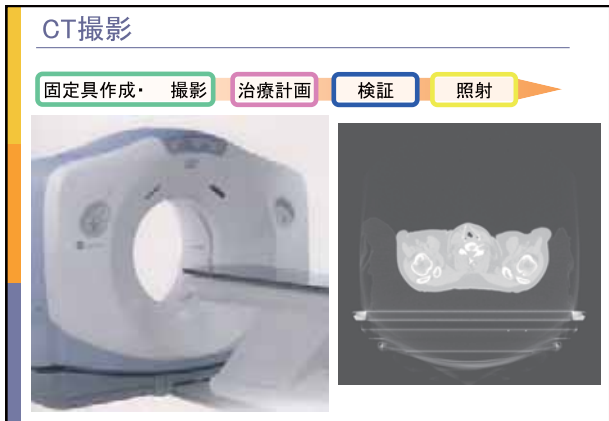


□ 人を持ち上げる位置エネルギー

- 人の体重 = 70 kg
- 前立腺の放射線治療のエネルギーと等しい位置エネルギー
- =  $6.24 \div (70 \times 0.0981) = \mathbf{0.9 cm}$









## 標的体積の定義

### □ 内的標的体積

- Internal target volume: ITV



- Vの呼吸性移動や蠕動運動などを考慮した体積

## 標的体積の定義

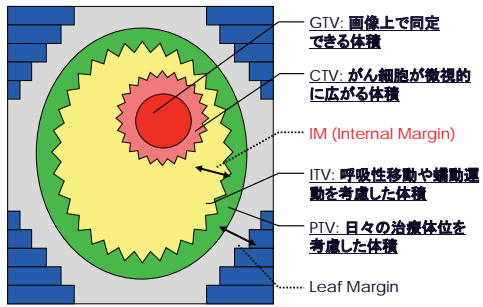
### □ 計画標的体積

- Planning target volume: PTV



- Vの日々の治療体位の違いを考慮した体積
  - 寝る位置
  - 腫瘍の幾何学的位置関係

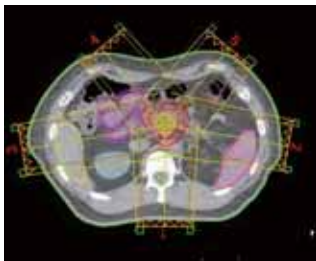
## 標的体積



## 輪郭入力

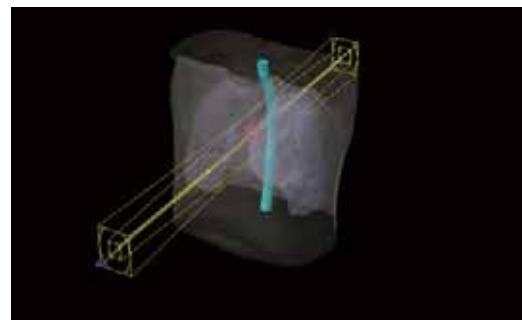


## 照射野設定



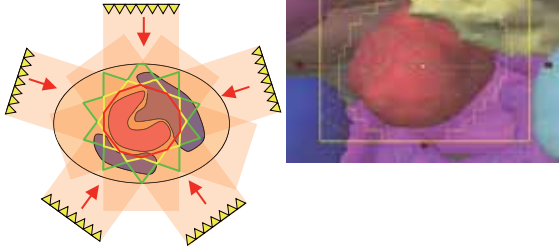
- どの方向から、どのように照射するか
- リスク臓器を避けながら、標的体積を狙う

## 照射方法の決定



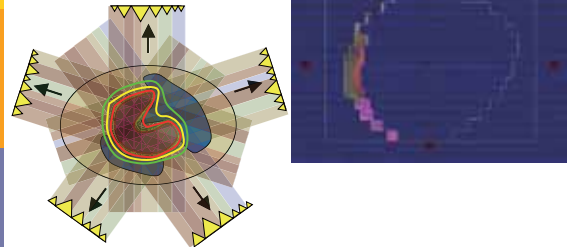
### 従来の照射法

単一強度の照射野による線量分布

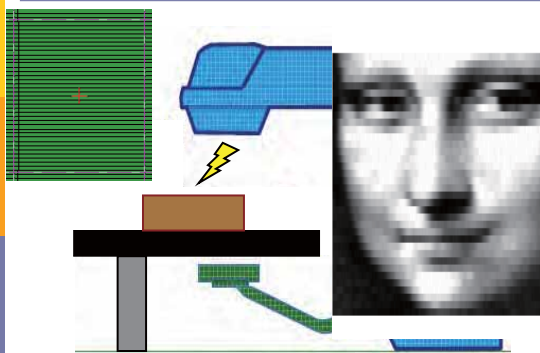


### 強度変調放射線治療

強度変調した照射野による線量分布



### IMRT ART



### 線量検証

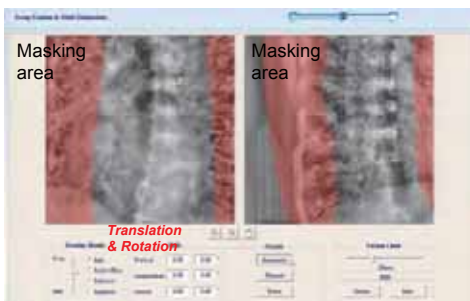
固定具作成・CT撮影 治療計画 検証 照射



- 治療計画通りに照射して、治療計画通りの線量が担保されているか？
  - 治療計画が机上の空論のものではないか
  - 治療計画装置の計算結果を信頼できるか
- 治療計画の妥当性を実測により検証する

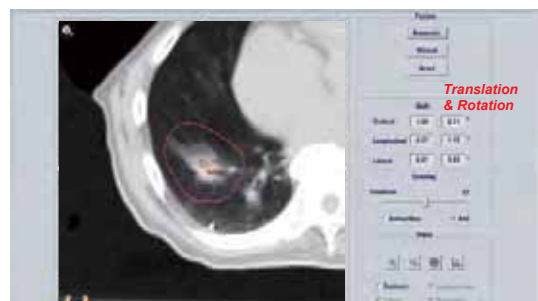
### 位置合わせ-1

固定具作成・CT撮影 治療計画 検証 照射



### 位置合わせ-2

固定具作成・CT撮影 治療計画 検証 照射



### 照射

固定具作成・CT撮影   治療計画   検証   照射

### 呼吸性移動

肺がん (X線透視)   肝臓 (4D MRI)   肺がん (4D CT)

### 動態下における線量分布-1

線量集中度が低下

### 動態下における線量分布-2

線量分布の顕著な歪み

### 呼吸性移動対策

ITV照射法   強制浅呼吸法   息止め照射法   呼吸同期照射法   動体追尾照射法

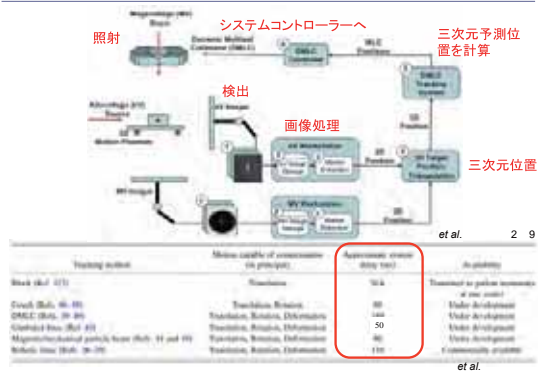
### 動体追尾照射法の定義

腫瘍位置に合わせてビーム位置を動的に変化させながら照射

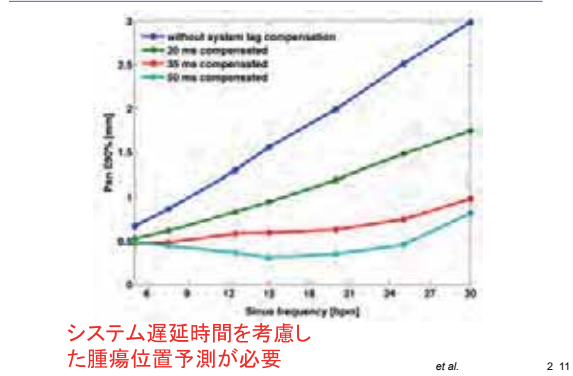
- 腫瘍位置を推定
  - 腫瘍そのもの
  - X線不透過マーカー
  - 外部呼吸信号
  - その他
- 腫瘍位置認識から照射までの遅延を考慮した腫瘍位置予測
- 腫瘍位置に合わせたビーム位置決め
- 照射

AAPM TG76 Med Phys (2006)  
Dieterich et al. Med Phys (2008)

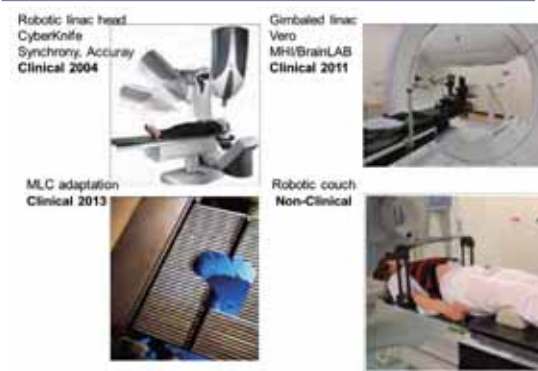
### 動体を捉えてから照射に至るまで



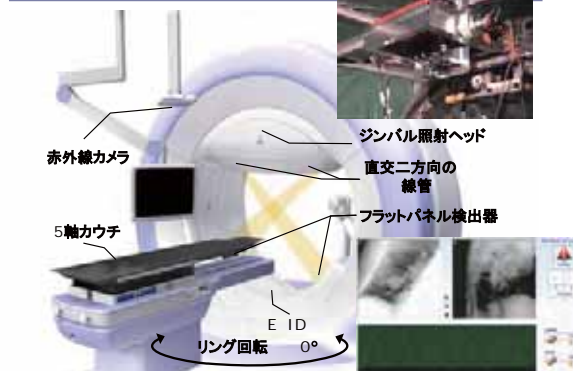
### システム遅延時間と追尾誤差との関係



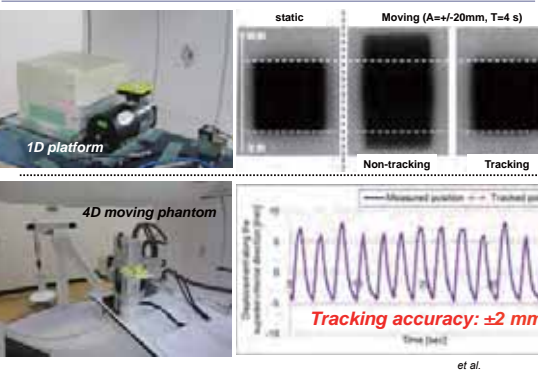
### 動体追尾照射が可能な装置



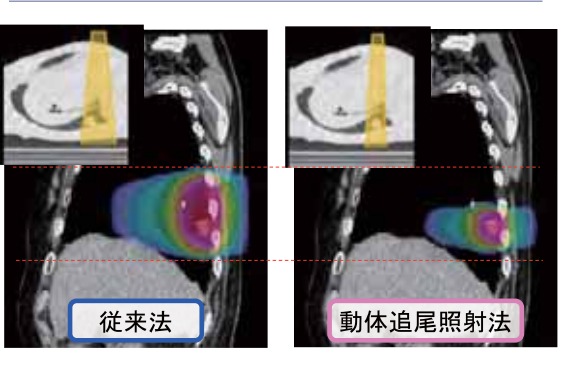
### Vero



### 動体追尾精度検証



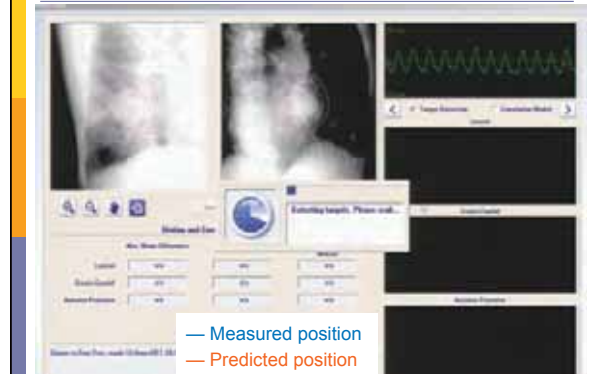
### 四次元線量分布



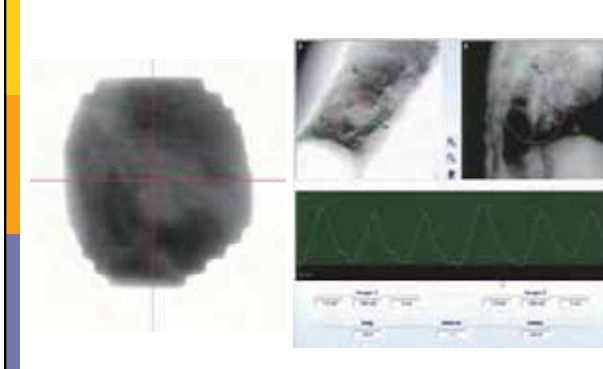
### 予測モデルの構築



### 予測モデル



### 追尾位置の確認



### 午後の予定

- 治療計画のデモ
  - 臨床医の観点から治療計画のデモを行います
- 動体追尾照射のデモ
  - 医学物理士の観点から動体追尾照射のデモを行います



<参考資料 3>

# 株式会社島津製作所 配布資料

## ①放射線治療に対する 島津製作所の取り組み

株式会社島津製作所  
医用機器事業部 グローバルマーケティング部  
三品幸男





SHIMADZU  
Excellence in Science

## 放射線治療に対する 島津製作所の取り組み

2015年8月27日

(株)島津製作所  
医用機器事業部  
グローバルマーケティング部  
三品幸男

SHIMADZU  
Excellence in Science

## 島津製作所の紹介 会社概要

社 是：科学技術で社会に貢献する  
経営理念：「人と地球の健康」への願いを実現する

創 業：1875年3月   
設 立：1917年9月  
資 本 金：266億円  
連 結 売 上 高：3,147億円




連 結 従 業 員 数：10,879名  
連 結 子 会 社：74社(国内25社, 海外49社)

2015年3月31日現在

SHIMADZU  
Excellence in Science

## 島津製作所の紹介 事業領域



売上高 3,147億円

産業機器  
分析・計測機器  
医用機器  
航空機器

SHIMADZU  
Excellence in Science

## 島津製作所の紹介 医用機器



血管造影システム  
一般撮影システム  
X線TVシステム  
乳房専用PETシステム  
放射線治療専用 骨髄温熱システム

SHIMADZU  
Excellence in Science

## 当社の医療技術の歴史と発展 X線画像診断機器開発→始まりはレントゲンから

・1895年 レントゲン博士のX線発見  
真空管で真空中の放電現象を観察中、暗くした実験室で、クルックス管の 近くにあった蛍光紙が光ることを発見した

白金バリウムを塗った厚紙が蛍光を発した





W.C.Rontgen



Wurzburg大学

SHIMADZU  
Excellence in Science

## 当社の医療技術の歴史と発展 始まりはレントゲンから





創業者 島津源蔵 二代目 島津源蔵 軽気球飛揚に成功(1877)

1875 京都木屋町二条で創業  
教育用理化学器械の製造を開始

1877 日本で初めての  
有人軽気球飛揚に成功

1896 X線写真撮影に成功

1897 蓄電池の製造開始

1909 日本初の医療用X線装置を完成




初期のX線写真(1896) 日赤大津支所に納入した医療用X線装置(1911)

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 当社の医療技術の歴史と発展 始まりはレントゲンから

・1896年 二代目島津源蔵 X線撮影に成功

明治17年(1884年)二代目島津源蔵はウイムシャースト感応起電機を開発、1896年1月にシアン化白金バリウム蛍光板を試作、1896年10月 感応起電機で発生させた高電圧を利用してX線撮影に成功（レントゲン博士のX線発見の翌年）



ウイムシャースト感応起電機



2代目島津源蔵




**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 当社の医療技術の歴史と発展 X線診断の普及

・X線撮影→透視も 透視された画像を診るという発想は当初からありました



1905年頃の二番工場








**SHIMADZU**  
Excellence in Science


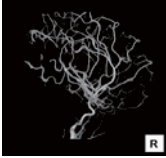
## 臨床付加価値の創造 つなぎ合わせる→スロット撮影

スロット撮影とは・・・長尺撮影が簡単に高精度で撮影できる




**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 臨床付加価値の創造 3D イメージング



**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 臨床付加価値の創造 奥行をみる→トモシンセシス 整形

X線TV装置で高分解能のCT画像を見れないか？





**1回の撮影動作での任意断面を作成**  
新再構成法で、3次元的把握をより容易に  
患者の拘束時間、被ばくの低減に効果  
立位・逆傾での断面撮影が可能



**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 臨床付加価値の創造 心カテ装置の開発 診断 治療

臨床にお役にたてるアプリケーション: StentView

**止まって診える**

症例 再拡張時に今回入れたStentと前回のStentの関係を把握可能





StentView OFF



StentView ON

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

### 臨床付加価値の創造 形態診断から機能診断へ

形態診断 → 機能診断

MRI頭頸部

脳卒中片麻痺 リハビリ後

近赤外光脳機能イメージング

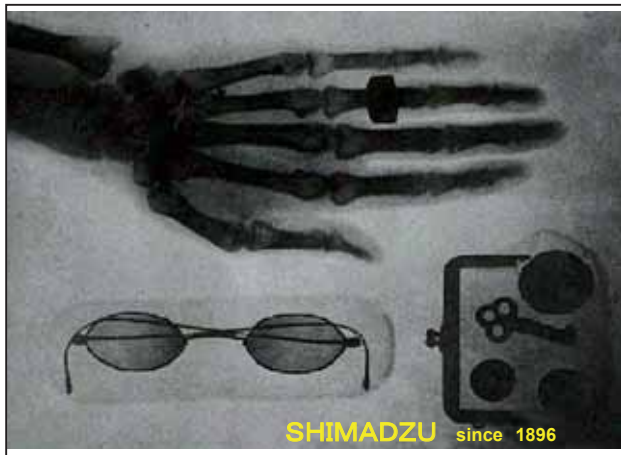
**SHIMADZU**  
Excellence in Science

### 臨床付加価値の創造 人に優しい医用機器

PET/CTシステム

乳房撮影装置

マンモPETシステム  
(痛くない乳房検査)



**SHIMADZU**  
Excellence in Science

### 島津の放射線治療の歴史

医用ベータロン BT-20

治療用X線照準システム SAT-20

小線源治療用位置決め支援装置

腔内治療装置 ラストロンー20B

治療計画用CT CTS-20SPS

粒子線治療用位置決め支援装置

**治療装置** 1955~1970

**治療計画装置** 1970~1995

**治療位置決め支援装置** 1990~

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

### 世界初の治療計画用CT(CTシミュレータ) 北大・京大との共同開発(1987~)

CTシミュレータは診断(病巣の把握)、3次元放射線治療計画、治療シミュレーションが一連の流れとして短時間で実行できるもので治療精度向上のため開発された。本システムは、CTで病巣を撮影し、これを治療計画装置で3次元で把握、ターゲットを設定して照射条件・線量分布を確認しながら治療の最適化を図る。立案された条件での照射野形状をコンピュータ制御されたレーザービームスキャナで患者皮膚面上に投影マーキングを行うことが出来る。

① 位置決め CT撮影 (一連) → ② ターゲット 形成 射線入力 (CT) → ③ アイソ センタ 入力 (CR&CT) → ④ エーム 角度 入力 (CT) → ⑤ 照射野 設定 入力 (BE) → ⑥ 治療計画 装置 (DTP&L)

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

SAT CT

17

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

### 死因順位別死亡数の年次推移

少子高齢化が進み、健康長寿を目指す中で、  
病気の**予防・治療**の重要性が増大

↓

主要死因の中で**がん死亡数が近年増大**  
一生の中で、2人に1人がかかる病気となり、  
内、3人に1人が死に到る国民病となっている

↓

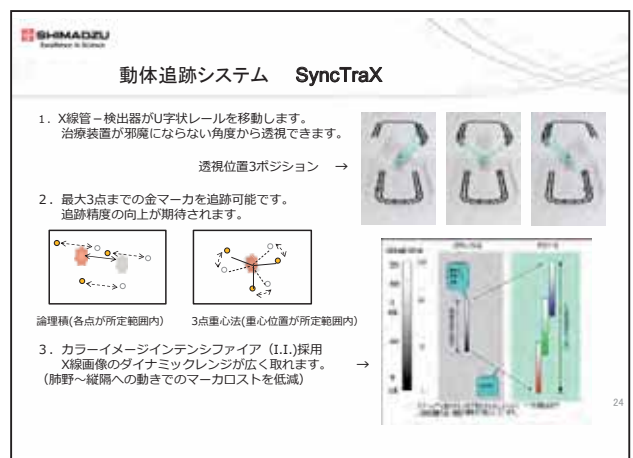
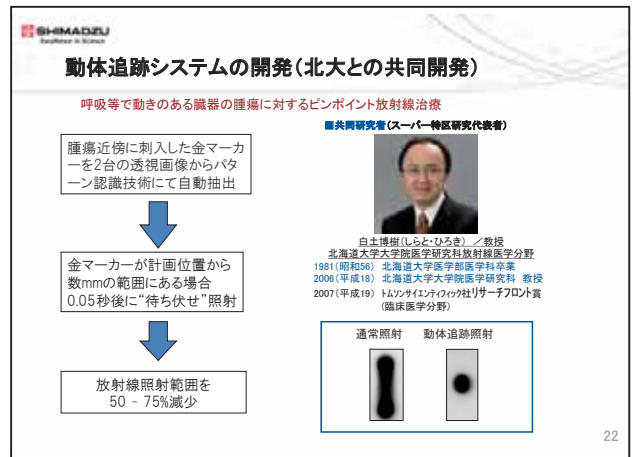
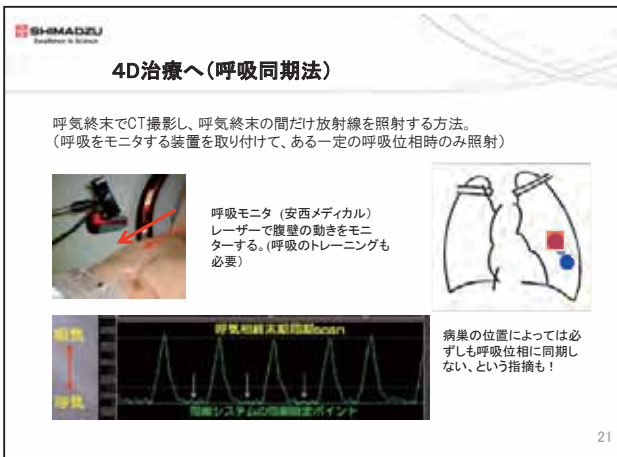
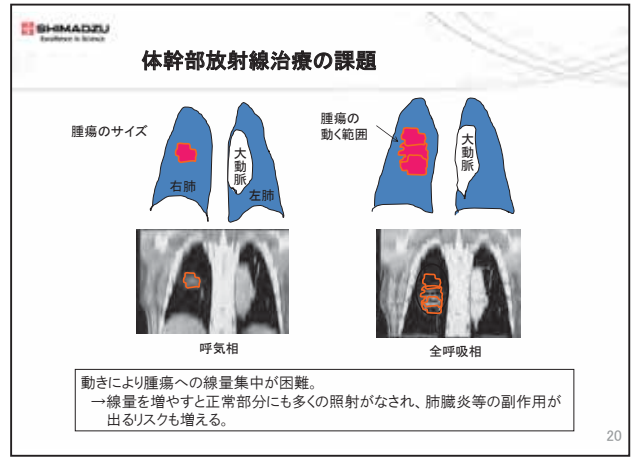
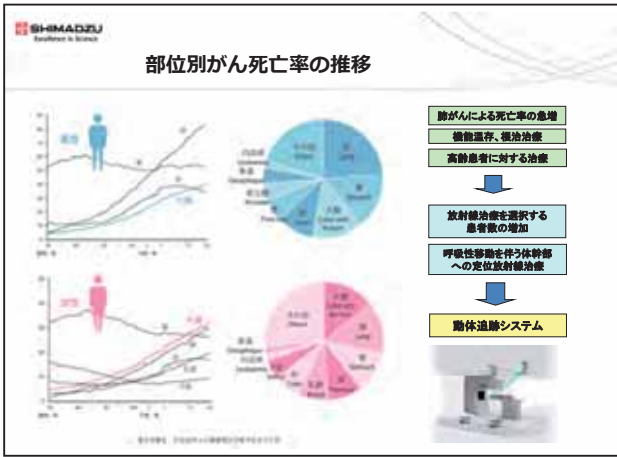
2007年施行「**がん対策基本法**」  
放射線治療への取り組み強化政策  
すべての拠点病院において、放射線療法を  
実施できる体制を整備

主な死因別に見た死亡率の年次推移(1950~2009年)

死亡数(対1万人)

悪性新生物  
心疾患  
脳血管疾患  
肺炎  
不慮の事故  
自殺

厚生労働省人口動態統計データより





**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 動体追跡の診療報酬

- ・ H24年の診療報酬改定において動体追尾法(動体追跡も含まれる)に10,000点が加算されることになりました。
- ・ 気管支内視鏡的放射線治療用金属マーカー留置術に加えて経皮的放射線治療用金属マーカー留置術も診療報酬10,000点として追加されました。今後は肝臓への動体追跡治療も診療報酬の対象となります。

25

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 新・動体追跡システムSyncTraX (北大納入機)

全景写真 (据付中)

X線検出器部

X線管球部

制御モニター画面

26

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## SyncTraX 北海道大学様で稼働中

治療開始前のリハーサル

操作室

SyncTraX操作部  
左が追跡PC画面

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## SyncTraX TrueBeamとの組合せ

北里大学病院様 (写真左)、山口大学様 (写真右) TrueBeamとの接続検証を終え、まもなく臨床開始の予定です。

TrueBeamではClinac iXよりもさらに緊密な通信を行い、お互いの装置状況を把握します。

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 次世代粒子線治療装置用 X線透視・撮影システム

開発コンセプト

1. 従来、DR8000ベースで対応してきた粒子線向けX線透視・撮影システムの刷新を図る
2. IGPT関連の顧客ニーズへの対応
3. 海外輸出を前提とした規格対応

総合南東北病院設置例

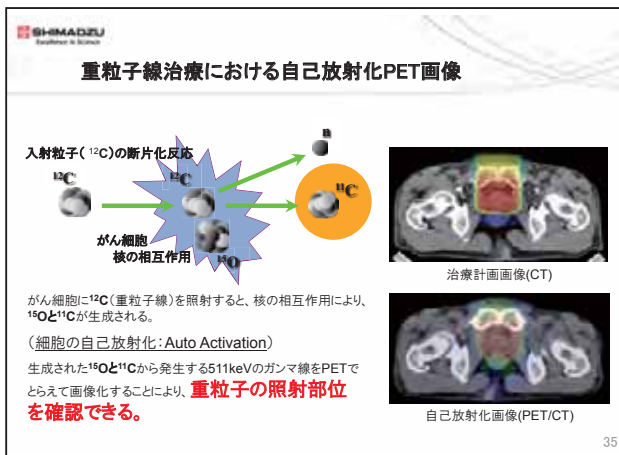
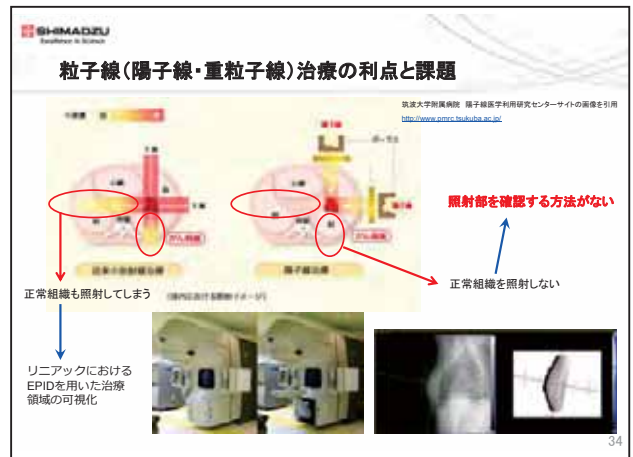
群馬大学設置例

**SHIMADZU**  
Excellence in Science

## 神奈川県立がんセンター

平成27年度に治療開始予定の重粒子線治療施設「i-ROCK (アイロック)」  
※ 「i-ROCK」 「Ion-beam Radiation Oncology Center in Kanagawa」

治療開始予定施設一覧			
施設名	所在地	稼働予定時期	施設規模
i-ROCK	神奈川県立がんセンター	平成27年度	約1,000㎡
山口大学	山口県	平成27年度	約1,000㎡
北里大学	千葉県	平成27年度	約1,000㎡





<参考資料 4>

## 特別講演 配布資料

### ①重粒子線がん治療の現状と将来

放射線医学総合研究所 フェロー

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団 副理事長

辻井博彦



# 重粒子線がん治療の現状と将来

辻井博彦

放射線医学総合研究所・フェロー

公益財団法人・医用原子力技術研究振興財団・副理事長

放射線治療の原則は、放射線を出来るだけがん病巣に集中させ、かつ周辺正常組織への影響を極力軽く押えることである。1895 年末にエックス線が発見され、その翌年にはがん治療に用いられるようになった。それ以来放射線治療は、病巣に対する線量集中性の改善を目指して技術革新がなされ、20 世紀後半には定位照射法や強度変調照射法といった高精度照射法が開発されるに至った。こういった革命的な技術進歩により、放射線治療の可能性は飛躍的に広がったが、その原動力になったのは、1973 年に発明された CT である。CT により放射線の線量分布計算が 3 次元的に可能になったからである。これは、荷電粒子線治療においても同様で、1970 年代を境に一大転機を迎えた。ことに炭素線などの重粒子線治療は、CT により病巣の選択的照射が可能となり、加えて重粒子線が高い生物効果を有していることから、治療成績の改善と適応疾患の拡大に大きく寄与するようになったのである。

## 1. 重粒子線治療の特徴

重粒子線の特徴は、体内で高線量域 (Bragg peak) を形成して病巣にのみ選択的照射が可能なことである (図 1)。重粒子線はさらに、陽子より 12 倍重い炭素核を加速した粒子線なので、陽子線や X 線よりも 2 ~ 3 倍高い生物効果 (細胞致死作用) を有しており、その分だけ難治がんに対しても有効性が期待できる (図 2)。これは重粒子線が、がん病巣内の酸素濃度や細胞周期による放射線感受性の違いの影響を受けないので、エックス線に抵抗性を示すがんであっても効果が高いからである。しかも重粒子線は、治療期間を大幅に短縮できるという特徴を有しているため、その分多くの患者を治療できる。これは施設の有効活用という面で非常に大事な特徴である。

## 重粒子線（炭素イオン線）の特徴

### X線と比べたとき:

- 陽子線と同様、体内で高線量域（ブラッグピーク）を形成するので、がん病巣に狙いを定めて照射することが容易。

➡ **正常組織の放射線障害を大幅に低減出来る。**

### 陽子線と比べたとき:

- 線量分布は重粒子線の方がシャープ。
- 炭素線の体内飛跡に沿って生じる電離密度が大きいため、その細胞致死作用（RBE）は2～3倍大きい。

しかも

• 重粒子線の体内でのRBEは、体内深部にいくほど大きくなる。

• 放射線抵抗性がんに効果が期待出来る。

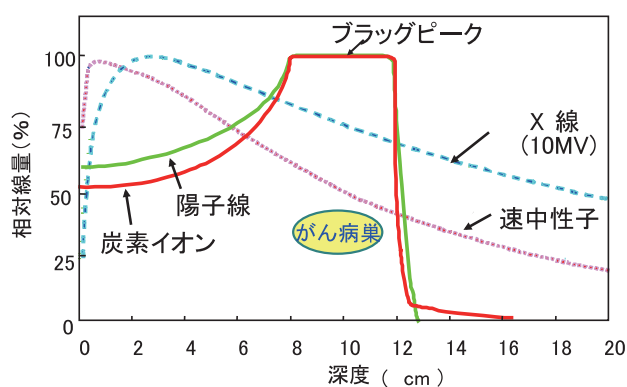


図1. 各種放射線の線量分布。陽子線と炭素イオン線は体内で高線量域(ブラッグピーク)を形成し、病巣の選択的照射が可能。

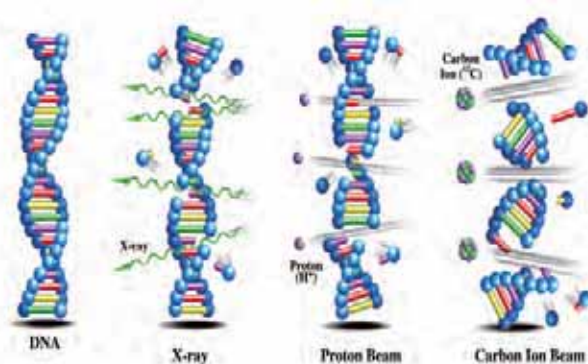


図2. 各種放射線のDNA損傷。X線や陽子線は単鎖切断が主であるが、炭素イオン線では2重鎖切断が多く、その分RBEも高い。

## 2. 世界の粒子線治療施設

荷電粒子線治療の発祥の地は米国バークレー国立研究所で、まず陽子線治療が1954年に開始された。1975年になると重粒子線治療は主にHeとNeイオンを用いて行われ、一部の疾患で良好な成績が得られたが、90年に財政難を理由に打ち切られた。これによって替わるようにして開始したのが日本の放射線医学総合研究所(放医研:NIRS)で、1993年に医療用としては世界初の重粒子加速装置(HIMAC)を完成し、翌年6月から炭素イオン線を用いた重粒子線治療を開始した(図3)。2011年には新治療研究棟を完成しスキャンニング照射を実施し、同時に回転ガントリーの開発も行っている。

現在、世界で陽子線と重粒子線治療は50施設以上で実施されているが、さらに多くの施設が建設中あるいは計画中である。日本の粒子線治療は、陽子線および重粒子線治療とも、放医研でそれぞれ1979年と1994年に始められ、いまでは12施設(陽子線8、重粒子線3、

陽子+重粒子1)が稼働中である(図4)。日本の重粒子線治療は世界で最も盛んで、放医研以外に、兵庫県立粒子線医療センター(兵庫県)、群馬大学重粒子線医学研究センター(群馬県)、および九州国際重粒子線がん治療センター(佐賀県)で行われ、さらに神奈川がんセンターでは2015年12月に治療開始予定である。

現在、世界の重粒子線治療は日本4施設以外に、中国(2施設)、ドイツ、イタリアで行われている。いずれの施設も放医研から技術支援がなされ、研究交流が継続している。他に、ドイツとアーストリアでも新施設を建設中である。



図3. HIMAC棟の全景。本棟(3治療室)ではブロードビーム照射法、第2治療棟ではスキャンニング照射法が行われている。

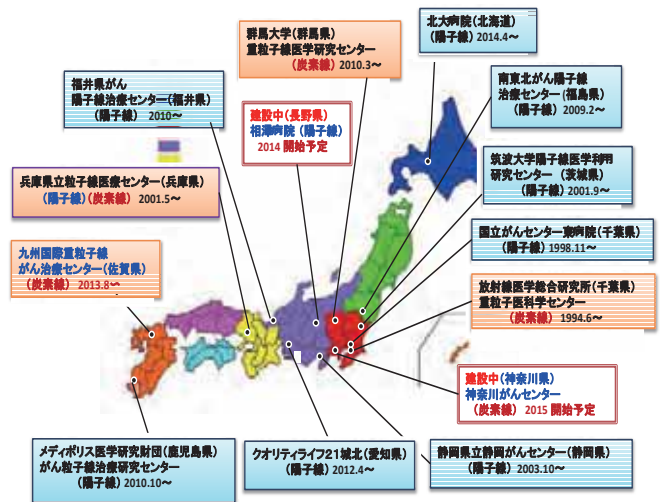


図4. 放医研における年度別治療患者(1994年6月~2014年3月)

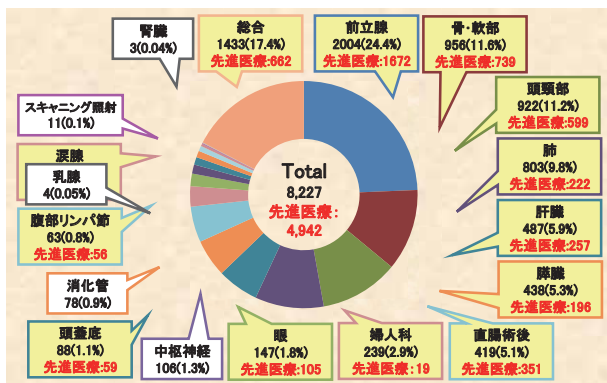


図5. 放医研における重粒子線治療の登録患者数(1994年6月~2014年3月)

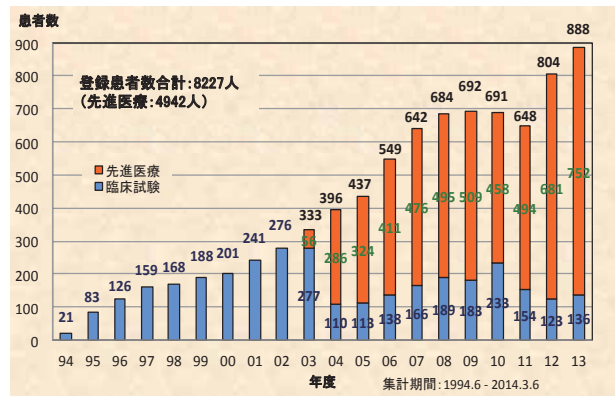


図6. 放医研における年度別治療患者(1994年6月~2014年3月)

### 3. 重粒子線治療の臨床成績

1993年、世界で初めての医療用重粒子加速装置(HIMAC)が放医研で完成した。翌年6月から炭素イオン線を用いた重粒子線治療が開始され、各種のがんについて臨床試験が行われて

きた（図5）。2003年には、厚生労働省より「固形がんに対する重粒子線治療」という名称で高度先進医療（今の先進医療）の承認が得られた。これまでの治療患者数は約9,000例である（図6）。

重粒子線治療は、放射線抵抗性の難治がんである骨・軟部腫瘍に有効である。特に骨盤や脊椎骨とその近傍、あるいは後腹膜腔から発生した肉腫は根治手術が困難で、エックス線に抵抗性であるが、重粒子線治療により外科療法と同等以上の成績が得られている。直腸がんの手術後の局所再発率は5～20%で切除困難であるが、重粒子線により外科療法に匹敵する成績（5年生存率51%）が得られている。

さらに、頭頸部がん、頭蓋底腫瘍、肝がん、肺がん（Ⅰ期がん、局所進行がん）、食道がん（Ⅰ期）、前立腺がん、子宮腺がん、膵がん（局所限局性）、および脈絡膜悪性黒色腫等が良い適応で、従来の治療法に勝る成績である。なお、膵がんや頭頸部原発悪性黒色腫は遠隔転移が多い疾患であるが、重粒子線と抗がん剤を併用することにより、明らかに生存率の向上が得られた。これ以外にも進行性食道がんや子宮扁平上皮がんなどに対して、抗がん剤を併用した臨床試験を行っている。最近、乳がんに対して、さらなる形態温存を目指して、重粒子線治療の臨床試験を開始した。

重粒子線とて手術と同様に局所療法の一つなので万能ではない。悪性リンパ腫や小細胞肺がんなど全身性の疾患、および既に広範囲に転移したものは適応外である。胃や腸など管腔臓器も不向きである。神経膠芽腫という超難治がんに対しては、従来の治療成績を超えることが出来ず、捲土重来を期しているところある。

重粒子線治療は、エックス線や陽子線治療よりも短期間での治療が可能である。放医研では、患者1人当りの照射回数は平均12回（平均3週間）であるが、これは一般の放射線治療の半分以下である。Ⅰ期肺がんや肝がんに対してはそれぞれ1、2回の照射で済み、前立腺がんは1,000例以上が16回～20回照射法が行われ、現在は12回／3週間の治療法である。



## 重粒子線治療の臨床的特徴

- ❖ 『放射線抵抗性がん』に有効  
組織型が肉腫、悪性黒色腫、腺がん、etc.
- ❖ 『手術困難ながん』に有効  
部位が頭蓋底、頭頸部、骨盤領域、etc.
- ❖ 『短期照射法』が可能  
治療期間・回数は一般の放射線治療より短い。
  - 肺がん、肝がんは 1、2回で済む。
  - 前立腺がんでも 12回。
  - 全体では平均12回/3週間。

## 重粒子線治療：今後の課題

- ❖ 装置小型化・普及により建設費低減化
  - ❖ 医療費の低減化につながる
- ❖ 前向き臨床試験の実施
  - ❖ 他治療法との比較試験（膵臓がんでNCIと検討中）
  - ❖ 超難治がん（脳腫瘍、肺癌など）に対して
  - ❖ さらなる短期照射法の開発
- ❖ 照射技術開発・技術支援
  - ❖ スキャニング照射法の確立
  - ❖ 小型回転ガントリーの開発
- ❖ 人材育成
- ❖ 健康保険診療への移行
  - ❖ 骨軟部腫瘍などから

## 4. まとめ

重粒子線治療は、これまで世界で1万数千人の患者が治療され、他の放射線治療（陽子線や高精度エックス線治療）では難治性のがんに対して有効であることが示されている。このため、重粒子線治療の導入を目指す施設が増加しており、最も臨床経験の豊富な放医研に対して技術支援および研究交流の要望が年々高まっている。この傾向は、これまで陽子線治療しか行ってこなかった米国においても同様である。米国のNCIは最近、重粒子線治療を推進するためのグラント（P20）の募集を始めたが、数年後には米国でも2、3施設が重粒子線治療を開始することになっている。

現在、わが国では陽子線と重粒子線治療の保険収載を検討中であり、一部の疾患については実現の可能性が高いと思われる。

## 参考文献

1. Tsujii H and Kamada T : A review of update clinical results of carbon ion radiotherapy. Jpn J Clin Oncol 42: 670-68, 2012
2. Tsujii, H.; Kamada, T.; Shirai, T.; Noda, K.; Tsuji, H.; Karasawa, K. (Eds.): Carbon-Ion Radiotherapy. Springer Japan 2014.
3. Vivien Marx: Cancer treatment: Sharp shooters. Nature 508, 133–138 (03 April 2014) doi:10.1038/508133a
4. 辻井博彦、遠藤真広: 切らずに治す-がん重粒子線治療が良く分かる本- コモンズ、2004.
5. 海堂尊: 日本の医療-この人を見よ- PHP新書、2012





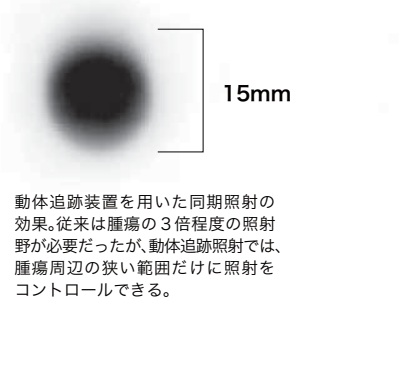
## <参考資料 5> 入手資料一覧

### ○株式会社 島津製作所

- 「CORPORATE PROFILE」(会社案内)
- 「DATA BOOK」(会社概要)
- 「島津医用機器製品要覧」
- 「見学ガイド」(リーフレット)
- 「島津製作所 創業記念資料館」(パンフレット)
- 「Mobile DaRt Evolution」(模型)
- 「RT 放射線治療装置用動体追跡システム SyneTraX の開発」(説明資料)
- 島津製作所広報誌「ぶーめらん医用ダイジェスト」P.23・P.24(説明資料)

以 上

## 動体追跡照射



動体追跡装置を用いた同期照射の効果。従来は腫瘍の3倍程度の照射野が必要だったが、動体追跡照射では、腫瘍周辺の狭い範囲だけに照射をコントロールできる。

## 通常の放射線照射法



## 動体追跡放射線治療の効果

【治療4年後】放射線肺炎などの症状なし。腫瘍は消失し、金マーカーだけが残っている。



6cm大の肺がんに対して、放射線の動体追跡照射を行った治療例。4回の照射でがんがほぼ消滅し、23ヵ月後も再発がない。

【50才代 女性】非小細胞肺がん(6cm)に対して10Gyを4回、外来で照射。1回あたり30分程度。



放射線治療時の「目」となるエックス線透視装置は島津製作所製。



北海道大学大学院医学研究科  
病態情報学講座放射線医学分野教授  
白土博樹(しらとひろき)  
1981年北海道大学医学部を卒業、研修医として放射線病棟に勤務。  
バンクーバーキヤンサーコントロールエージェンシー(カナダ)、マン  
チェスタークリスチ 병원(英)で放射線医療の研究に携わり、帯広厚  
生病院勤務を経て、99年北海道大学助教授に。2006年より現職。

## 治療をあきらめていた 人のがんも治療

課題は、動き続けるがんの位置をどう特定するか。頭部のときは、頭をはさむように定規を2本置き、一緒にCTで撮影、定規の目盛りを基準点として、位置情報を割り出した。だが、動いているものに対して同じ方法は通用しない。

そこで発想したのが、基準点も一緒に動かしてしまうという方法だ。定規の代わりとなるのは、直径1.5〜2ミリの金の球。これをマーカーとして体内に挿入し、腫瘍のそばに置く。その状態でCT撮影すると、金マーカーは腫瘍とともに上下に動き、両者の位置関係は0.1ミ

リ方眼のマトリックス上に表される。金マーカーを3つ挿入し、断面となる面の方向を変えて撮影すれば、縦、横、高さの3Dで位置関係を把握できる。このデータをもとに、放射線治療計画を作成。治療を行う際は、常に患部をエックス線で透視し、金マーカーの位置を追跡し、金マーカーが治療計画の有効エリアに入ったときだけ放射線を照射する。

1秒間に30コマのパターンを読み取り、1コマ1コマ、エリア内にマーカーがあるかどうかを判別。3Dの位置情報にタイムラインという軸を加え、動くがんを追跡する「四次元放射線治療」である。白土教授は、1997年から基礎実験を開始し、2000年に前立腺、肝臓、肺などで相次いで臨床研究に移行。現在、北海道

大学付属病院では年間100例を超える治療を行い、多くの方が完治している。「がんの患者さんには、ご高齢だったり、若くても臓器の機能が低下しているために、切りたくても切れない方が大勢います。そうした方に治療への道筋を作ることができたことは、医師として本当に感慨深いです。最近では、手術に代わりうる治療としても需要が高まっています。」(白土教授)

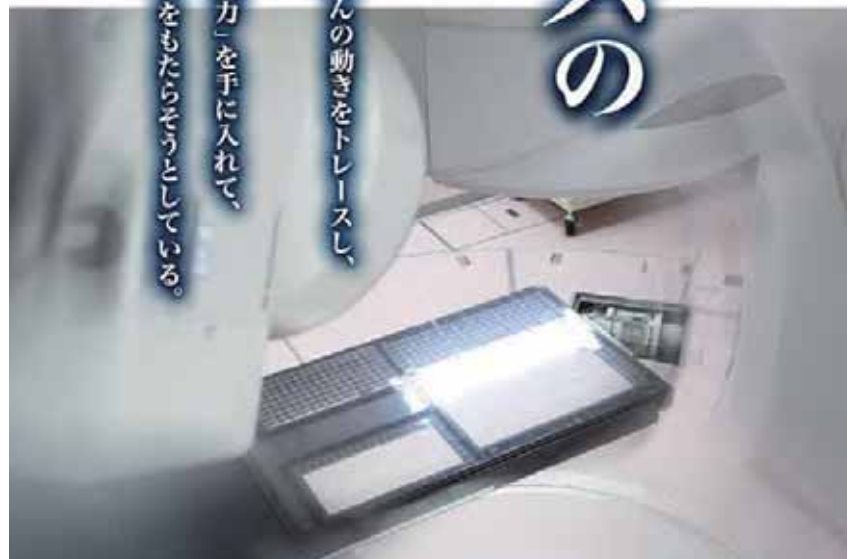
今後は、患者さんの動きに連動して、連続して放射線を照射できるロボット型の治療用エックス線装置や、透過せずがんの位置で止まる特殊な放射線を使った治療用装置の開発にも取り組んでいきたいと白土教授。  
また一歩、がんの包囲網が狭まった。

# 魔法のメスの 動体視力

瞬きよりも短い0.033秒という時間でがんの動きをトレースし、誤差1ミリ以内の正確さで確実に射抜く。

「流のアスリートを思わせるような「動体視力」を手に入れて、

放射線治療は、がん治療にパラダイムシフトをもたらそうとしている。



目を使わないで  
どう狙いを絞るか

放射線治療は、外科手術、抗がん剤とならび、がん治療法の3本柱のひとつだ。局所的に放射線を当ててがんの増殖機能を止める。切開する必要がないので出血や神経を傷つけるリスクがなく、抗がん剤のような副作用も少ない。

もつとも、体の奥深くに潜むがんは直接目でとらえることはできない。そのため放射線治療の誕生以来、医師や技師や研究者たちは「どうやって見えないがんを狙いを定めるか」に知恵を絞ってきた。かつては皮膚にマジックなどでがんの位置を記して、それをめがけて照射していた時期もある。当然精度は低く、周囲の健康な組織を大きく傷つけてしまわざるをえなかった。

状況が大きく変わったのは、CTスキャナやMRI、PETなど画像診断技術が進歩した90年代。画像をもとにがんの正確な形状や位置を解析し、それを確実にトレースする緻密な治療計画を立てて放射線の照射を制御できるようになった。「定位照射」と呼ばれるこの治療法により、放射線は健康な組織を傷つけず正確に病変だけを切り取る魔法のメスとなったのである。

## 誤差1ミリの攻防

「プラスマイナスイミリの精度を、私たちはいつも目標としてきました。熟練した外科医の腕に迫る精度を実現できたのは、やはり画像診断技術の進歩があったからこそでしょう」というのは、北海道

大学大学院医学研究科の白土博樹教授。大学卒業後、カナダ、イギリスで最先端の放射線治療を学び帰国。勤務した帯広厚生病院で、北海道で初めて脳の腫瘍治療にX線を用いた「定位照射」を使った。プログラムは教授の自作。コンピュータ

の能力が追い付かないところは、「手計算」で補った。CTスキャナの断面画像を出したフィルム上に、鉛筆で1ミリ刻みのマス目を描き、それを何枚も重ね合わせて、がんの三次元座標を読み取っていたという。

「手間はかかりましたが、線を引くのは楽しかったですよ。この作業でいまままで治療できなかった病气も治療できるようになる。そう思うとわくわくしたものです」（白土教授）

## 動く標的には通用しない

だが放射線治療には、まだ大きな敵が残っていた。「呼吸」である。腹部、胸部は呼吸の周期に合わせて大きく上下する。肺がんなら、呼吸の周期とともに3センチ程度位置が変わるといっても、ではたとえ正確な位置が特定できても、放射線が照射されてしまう正常な組織が大きすぎ、放射線の総量をセーブせざるをえない。そのため定位照射治療ができるのは、しっかりと固定できる脳などに限られていた。

ある日のこと、いつものように脳のCT画像フィルムに線を引いていた白土教授は、ふと思いついた。

「待てよ。もし、この作業が一瞬でできたら、1秒間に何度も繰り返すことができたら、首から下のがんにも1ミリ精度で放射線を当てられるんじゃないか」教授はこのアイデアを温め続け、93年、北海道大学に復帰すると研究に移した。





## <参考資料 6>掲載メディア・記事抜粋

ドクターゼ No.15 Web版 掲載記事より転載



### 「放射線医学オープンスクール」概要

公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

「放射線医学オープンスクール」は放射線医学最先端技術の現場見学の機会を提供することで放射線医学分野への関心を高め、将来性を実感していただくことを目的として、医学部だけに限らず医療系、理工系の幅広い分野の大学生・大学院生を対象に、一泊二日の日程で実施しております。8回目を迎えた今年は京都市にて開催し、全国から41名の参加がありました。

#### 【プログラム】

8月27日

##### ●株式会社島津製作所

講義、ショールーム見学、工場見学、創業記念資料館の見学

##### ●特別講演

辻井 博彦先生 (公財)医用原子力技術研究振興財団

##### ●懇親会

(見学先の医師や企業の方々、参加者相互の交流)

8月28日

##### ●京都大学医学部附属病院

講義、治療計画実習、先端センターでの治療装置見学

#### 【参加報告】

福島県立医科大学 医学部 5年 田中 奏多

「放射線医療」「最先端医療」「日本の医療の強み」と聞いて、何をイメージするだろうか。そのイメージの中に自分はいるだろうか。この放射線医学オープンスクールは「最先端の、日本の、放射線医療」を知るだけでなく、現場を、現場にい

る人を肌で感じることができる。

今年度のオープンスクールは京都で行われた。京都の島津製作所さん、そして京都大学で放射線医療の最先端を実際に見学するだけでなく、放射線医学総合研究所の辻井博彦先生のご講演もあり放射線医療にどっぷりと漬かった2日間だった。

日本が世界に誇る放射線医療とは、患者にも、医療者にも優しい医療である。島津製作所では、産学連携により重い機器をモーターの搭載によって以前よりも軽く動くことにより、医療者の負担を軽減する改良がなされた最新機器の見学をした。京都大学で開発されたVero4DRTは、動体追尾照射により安全性を高め、正常な組織の機能を傷つけずに、腫瘍に照射することができる。現在開発途中の機器には組織の機能を同定し、五次元の放射線治療によってQOLを維持するオーダーメイド医療もあった。

放射線医療は、超高齢社会、つまり労働力人口が減少していく社会への、医療からの一つのアプローチだと思う。これからの社会では、臓器の機能低下のために手術が難しい方への医療、日本を支えている世代の人々の力を維持する、「支援の医療」が必要になる。

新しい発見、発明は多様な知識、考え、経験、そして協力から生まれる。このオープンスクールは毎年日本全国の医学部だけでなく理学部、工学部、栄養学部など、多岐にわたる分野の学生が集まる。違う学びの背景を持つ学生が、同じことを学び、同じ時間を過ごす経験は産学連携の始まりである。この経験こそ未来につながる医療の始まりであり、またその中に自分があるイメージを持てるようになるきっかけとなる。





# 明日への人材を育てる企業一覧

<敬称略>

## 広告協賛企業

- ・ 安西メディカル株式会社
- ・ 株式会社千代田テクノル
- ・ 東芝メディカルシステムズ株式会社
- ・ 東洋メディック株式会社
- ・ 株式会社日立製作所 ヘルスケア社
- ・ ブレインラボ株式会社
- ・ 三菱電機株式会社
- ・ ユーロメディテック株式会社
- ・ 住友重機械工業株式会社

## 寄附金協賛企業

- ・ 日本メジフィジックス株式会社
- ・ ユーロメディテック株式会社



# ANZAI

since 1976

## Respiratory Gating System AZ-733VI

### What is Respiratory Gating System ?

Respiratory Gating System is essential to the imaging diagnoses and the radiation therapy. In the imaging diagnoses, the respiration-gated image provides the blur-corrected image, and in the radiation treatment it minimizes the area of the treatment target tumor which moves due to patient respiration.

At AAPM Report No. 92 written by AAPM Task Group 76 in July 2006, it is reported that the first study of the respiration-gated radiation therapy was conducted in Japan. The study was conducted at University of Tsukuba Hospital. In 1989 ANZAI, in collaboration with University of Tsukuba Hospital, developed the Respiratory Gating System for the first time in the world. The AZ-733V, a world-standard model of the Respiratory Gating System, utilizes "ANZAI BELT" as the respiratory sensor which has been used from the original model. Now, we would like to introduce the new model, AZ-733VI, with the additional safety function and the new type of respiratory sensor "Laser Sensor".



### Anzai Medical, Co., Ltd

Add: 3-6-25 Nishi-Shinagawa Shinagawa-Ku Tokyo 141-0033, Japan

Tel: +81-3-3779-1611 FAX: +81-3-3779-6606

E-mail: [headoffice@anzai-med.co.jp](mailto:headoffice@anzai-med.co.jp) Web: <http://www.anzai-med.co.jp>

千代田テクノルは  
**放射線**

を から  
**測る 守る**  
で  
**治す**

放射線は危険な性質を持っている反面、  
有効に利用すれば人類に大きなメリットを与えてくれる無限の可能性をそなえています。  
千代田テクノルは、医療・原子力・産業・放射線測定などの各分野において、  
放射線を安全に有効利用するための機器やサービスをトータルに提供。  
放射線の「利用」と「防護」の双方において、お客様のあらゆるニーズにきめ細かく対応しています。

株式会社 **千代田テクノル**

〒113-8681 東京都文京区湯島 1-7-12 千代田御茶の水ビル  
<http://www.c-technol.co.jp>

千代田テクノル



JQA-QM8513  
Tokyo・Osaka  
Kashiwazaki Kariwa

# TOSHIBA

Leading Innovation >>>



## Oncology Total Solution

高度な治療を支援する一歩先のソリューションへ

東芝メディカルシステムズは、様々な環境に応じた  
オンコロジートータルソリューションをご提案します。

### 【東芝 & エレクタ放射線治療研修センター (RTTC)】

放射線治療装置 (Elekta Synergy®) を配備し、  
実際に治療ビームを出力しながら研修ができる  
国内初の施設です。実機を使用した以下のような  
トレーニングコースを開催しています。

- オペレーショントレーニング
- ビーム測定に関するトレーニング

東芝は、安心・安全な「質」の追求、放射線治療の「研修の場」を提供していきます。



### 東芝メディカルシステムズ株式会社

本社 〒324-8550 栃木県大田原市下石上 1385 番地  
<http://www.toshiba-medical.co.jp>

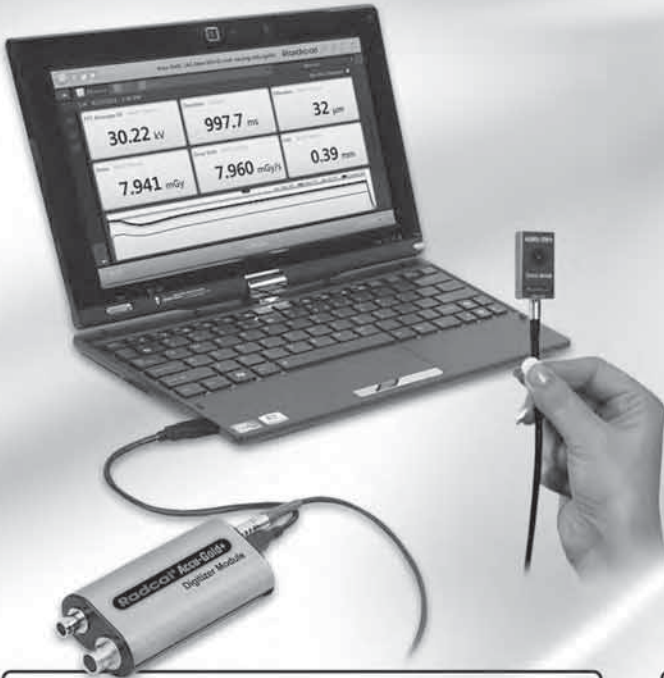
販売名：Versa HD リニアックシステム 承認番号：22600BZX00282000  
販売名：エレクタ インフィニティ 承認番号：21800BZY10153A01  
販売名：エレクタ シナジー 承認番号：21800BZY10153000  
製造販売業者名：エレクタ株式会社



イオンチェンバの精度と半導体の手軽さをこの1台に

Radcal®

# ACCU-GOLD+



ACCU-GOLD+は  
AGDM+型デジタイザーを、  
パソコンとのUSB接続で使用できる  
マルチファンクションX線アナライザです。  
1台でイオンチェンバ、半導体検出器、  
mAsセンサーを使用でき、  
専用マルチセンサーでは  
線量・線量率・kVp・照射時間・半価層・ろ過の  
同時測定にも対応します。



0.1msecのサンプリング時間で、  
CT装置の解析にも有効

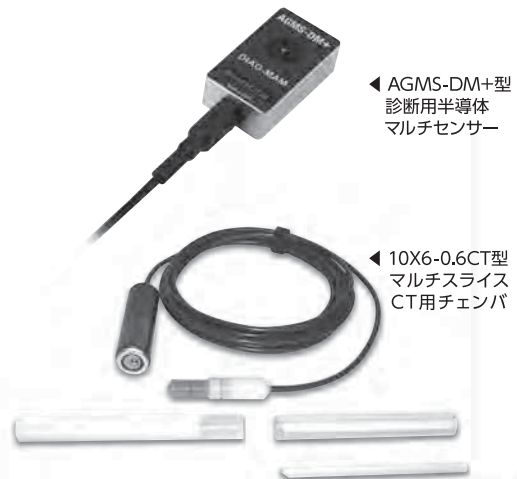


▲ 0.1ms毎のサンプリング時間により、  
CT装置のDose Profileの測定が可能です



▲ CT装置の照射開始位置や終了位置の特定もできます

豊富なセンサーラインナップで、  
様々なモダリティ/アプリケーションに  
対応いたします。  
また別売チェンバアダプタにより、  
お手持ちの10X5シリーズ/10X9シリーズ  
イオンチェンバをお使いいただくことも可能です。



◀ AGMS-DM+型  
診断用半導体  
マルチセンサー

◀ 10X6-0.6CT型  
マルチスライス  
CT用チェンバ



For All Your Tomorrows

**TOYO MEDIC**

<http://www.toyo-medice.co.jp/> E-mail [info@toyo-medice.co.jp](mailto:info@toyo-medice.co.jp)

## 東洋メディック株式会社

本 社：〒162-0813 東京都新宿区東五軒町2-13  
TEL. (03) 3268-0021 (代表) FAX (03) 3268-0264  
大 阪 支 店：〒550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀1-25-7  
TEL. (06) 6441-5741 (代表) FAX (06) 6441-5745  
福 岡 支 店：〒812-0007 福岡県福岡市博多区東比恵2-2-40  
TEL. (092) 482-2022 (代表) FAX (092) 482-2027  
支店・営業所：名古屋・札幌・新潟・仙台・岡山



# 日立陽子線がん治療システム — 陽子線治療システム PROBEAT-RT —

医療機器承認番号:22600BZX00068000

スポットスキャンニング照射に特化した陽子線治療システム

動体追跡照射により体幹部の呼吸移動性臓器へ精度良く照射

陽子線治療システム全体の設置面積を約7割に縮小※

(※比較対象製品:陽子線治療システム PROBEAT-III)



# 高精度放射線治療の スタンダードは、 これまでも、これからも、 Novalis から。

Novalisシリーズに  
新しいラインナップが加わりました！  
選択可能な多段エネルギー、  
高い線量率を誇る FFF モードなど、  
新搭載の New Beam Generation System  
(TrueBeam) が、一段とスピーディな治療を  
可能にします。



## TrueBeam™ STx with Novalis® Radiosurgery

高精度放射線治療統合システム 定位放射線治療・IMRT・IGRT 対応

### ピンポイント照射

1mm 以下の精度で病変を正確に特定し、  
周辺組織への影響を抑制します。

### IMRT (強度変調放射線治療) に対応

2.5mm リーフを用いた高解像度ビームで、病変の  
大きさや形状に合せた効率的な治療が可能です。

### 全身の、多様な症例に対応

頭部・頸部はもちろん、脊椎や肺、肝臓、  
前立腺など体幹部の腫瘍にも対応します。

製品の仕様は予告なく変更されることがあります。Novalis® Radiosurgery (高精度放射線治療統合システム) は以下の機器を含みます。

販売名: TrueBeam 医療用リニアック  
販売名: エグザクトラック

医療機器承認番号: 22300BZX00265000  
医療機器承認番号: 22200BZX00108000

販売名: iPlan ステーション  
販売名: プレインラボ iPlan Net Server

医療機器承認番号: 22000BZX01548000  
医療機器承認番号: 22100BZX00216000

**VARIAN**  
medical systems

株式会社 バリアンメディカルシステムズ

〒103-0026 東京都中央区日本橋兜町 5-1 METLIFE 兜町ビル 2F  
TEL. 03-4486-5000

www.varian.com

 **BRAINLAB**

ブレインラボ株式会社

〒108-0023 東京都港区芝浦 3-2-16 田町イーストビル 2F  
TEL. 03-3769-6900 FAX. 03-3769-6901 jp\_sales@brainlab.com

www.brainlab.com



家庭から宇宙まで、エコチェンジ。

MITSUBISHI  
ELECTRIC  
Changes for the Better

# 変える。 三菱電機

放射線治療の最先端、粒子線照射。  
体内奥の病巣のみをピンポイントで捉える技術が、  
次世代の医療を変える。

メスを使わないため痛みが少なく、生活の質を維持しやすいとされる放射線治療。その中でも近年特に注目されているのが、粒子線照射による方法です。それは、体内奥の病巣へピンポイントで粒子を照射することにより、周囲の正常な細胞への影響を抑えられる治療方法です。三菱電機は、粒子を秒速20万キロ（光速の約7割）まで加速させるシンクロトロンや、制御に関する多くのノウハウを基に粒子線治療装置の業界をリード。これからも先端技術を駆使し、新しい医療機器の開発に貢献していきます。



粒子線治療装置(照射室)

三菱電機は「グローバル環境先進企業」へ

No. 82

粒子線照射技術

詳しい情報はこちらからご覧いただけます。▶



©この広告のビジュアルは、合成によるイメージです。 ©この広告についてのお問い合わせは、adv.webmaster@f.mitsubishielectric.co.jpまたはFAX.03-3218-2321(宣伝担当)まで。

三菱電機株式会社



安全で効率的、そして快適に  
 全ての患者、全ての照射、全ての治療に

- 患者セットアップの**スピードと精度**を保証
- 1mm以下の精度で**リアルタイム**に患者位置をトラッキング可能
- **非侵襲**で被ばくもなく、マーカーや基準も不要な純粋な光学システム

医療機器製造販売承認番号 22300BZI00014000  
 販売名 Align RT Plus (アライン・RTプラス)

visionrt

North American Sales  
 8840 Stanford Blvd, Suite 3200, Columbia, MD 21045  
 T: 866 594 5443 F: 443 769 1558 Email: sales@visionrt.com

Corporate Headquarters  
 Vision RT Ltd, Dove House, Arcadia Avenue, London N3 2JU, UK  
 T: +44 20 8346 4300 F: +44 20 8346 4634

Email: sales@visionrt.com Website: www.visionrt.com

製造販売元

**ACCUTHERA**  
 株式会社 アクセラ

〒215-0033 神奈川県川崎市麻生区栗木2-8-22  
 TEL 044-980-1511 FAX 044-980-1522  
<http://www.accuthera.com/>

販売元

**Euro Meditec**  
 ユーロメディテック株式会社

〒141-0022 東京都品川区東五反田2-20-4 NOF高輪ビル  
 TEL 03-5449-7585 FAX 03-5449-0234  
<http://www.euro-meditec.co.jp/>

# Sumitomo Proton Therapy System

Gantry Treatment Room  
at National Cancer Center Hospital East, Japan

 Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

Industrial Equipment Division

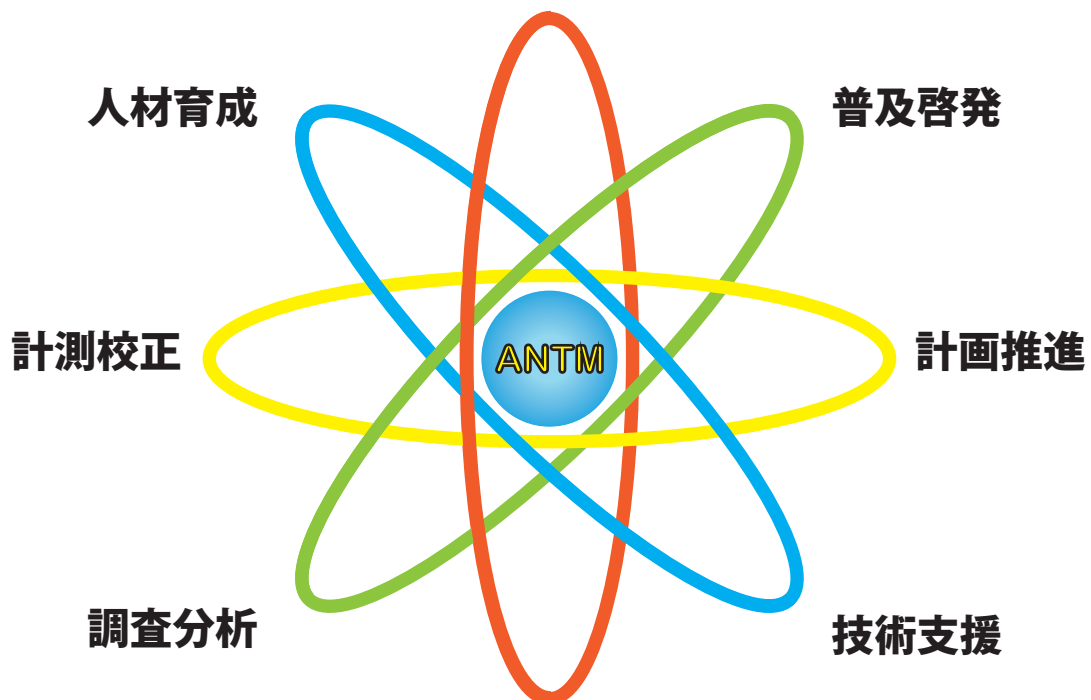
ThinkPark Tower, 1-1, Osaki 2-Chome, Shinagawa-ku, Tokyo 141-6025, Japan

Tel: +81-3-6737-2566, Fax: +81-3-6866-5114

URL <http://www.shi.co.jp>



公益財団法人  
医用原子力技術研究振興財団  
Association for Nuclear Technology in Medicine





「平成27年度放射線医学オープンスクール報告書 ～最先端技術にふれる～」

編集：公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

医師のキャリアパスを考える医学生の手

HP： <http://students.umin.jp/>

E-mail： [doctorscareer@gmail.com](mailto:doctorscareer@gmail.com)

発行：公益財団法人 医用原子力技術研究振興財団

103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 7-16 ニッケイビル 5 階

TEL 03(5645)2230 FAX03(3660)0200

HP： <http://www.antm.or.jp/>

E-mail： [info@antm.or.jp](mailto:info@antm.or.jp)



