

陽子線治療の最前線と人材育成

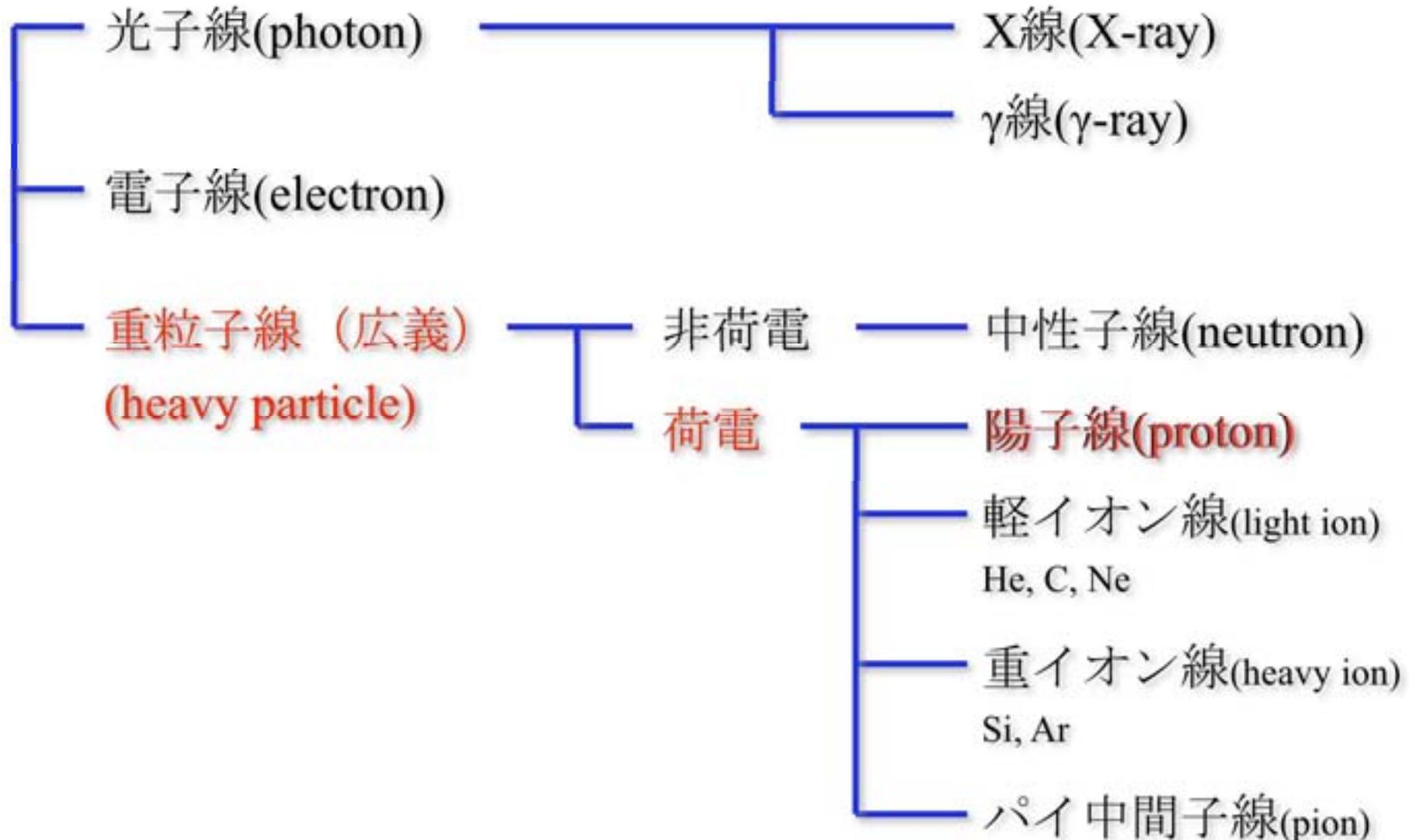
国立がんセンター東・臨床開発センター

粒子線医学開発部・粒子線生物学室

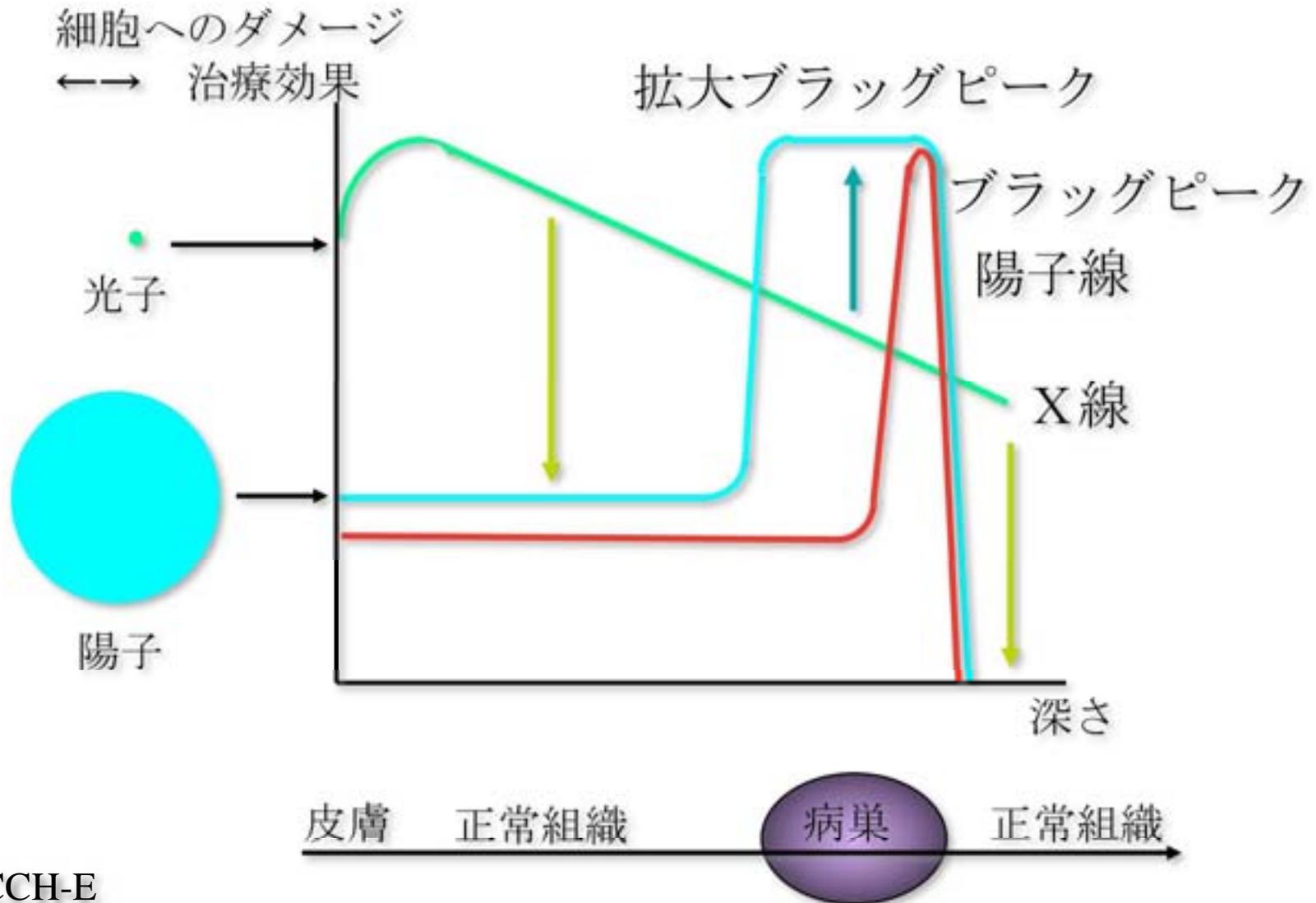
西尾 禎治

陽子線治療

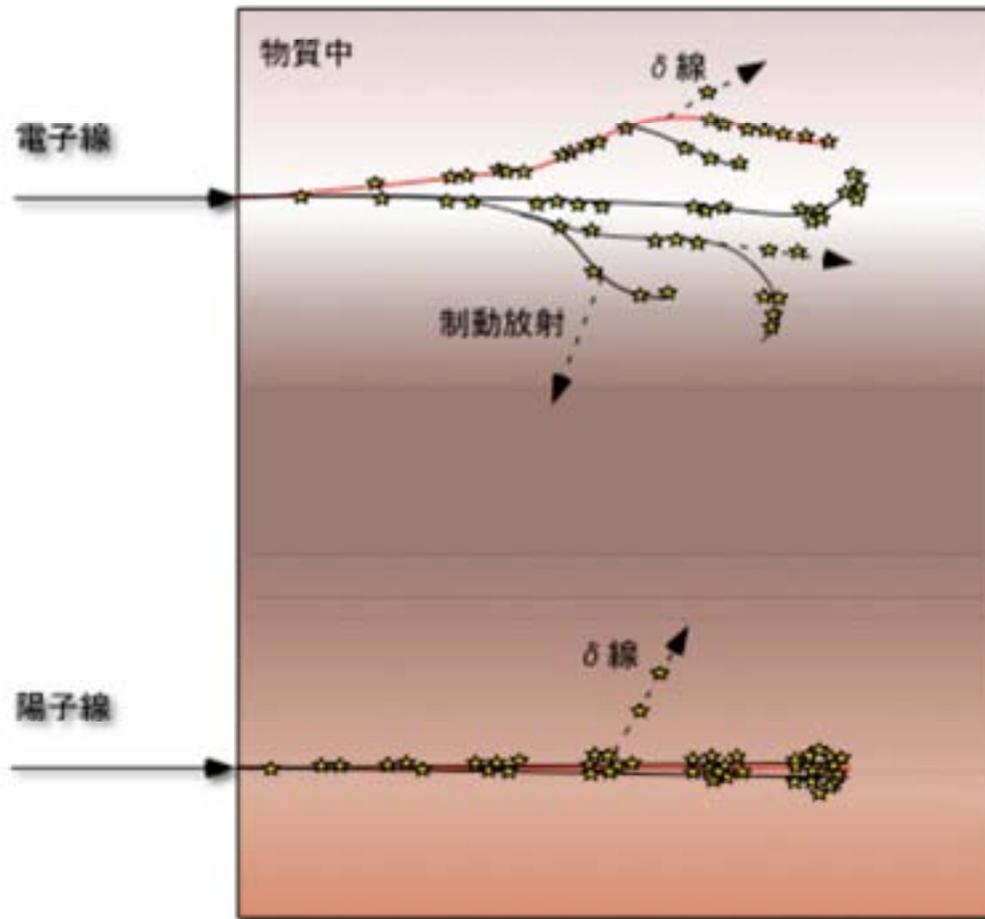
放射線の言葉の定義



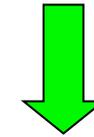
陽子線の特徴



陽子線の特徴



質量比：陽子核は電子の
約2000倍の重さ



直進性が高い



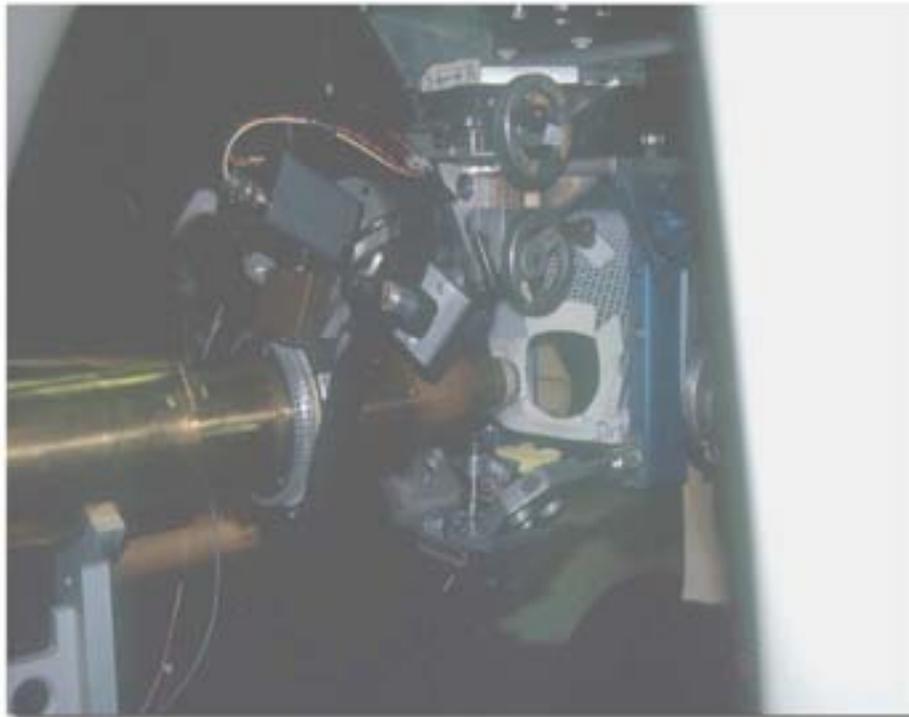
がんに向かって真っ
直ぐ飛んで行く

陽子線治療の歴史

- 1946 Wilson「高速陽子線の放射線医学への応用」
- 1954 ローレンスバークレー研究所(LBL、米国):陽子線治療の開始
- 1957 LBL:Heイオン治療の開始
- 1974 ロスアラモス研究所(米国): π 中間子治療の開始
- 1979 放医研:陽子線治療の開始
- 1983 筑波大学陽子線センター:陽子線治療の開始
- 1990 ロマリンダ大学:病院設置型医療専用施設
- 1992 LBL:重イオン治療の打ち切り
- 1992-1994 3箇所の π 中間子治療の打ち切り
- 1994 放医研HIMAC:炭素線治療の開始
- 1998 国立がんセンター:病院設置型医療専用施設、治療開始

これまでの陽子線治療施設

- 物理学研究用施設の利用
時間的制約、病院と離れている
- 低い陽子線エネルギー
表在性の腫瘍のみ適応

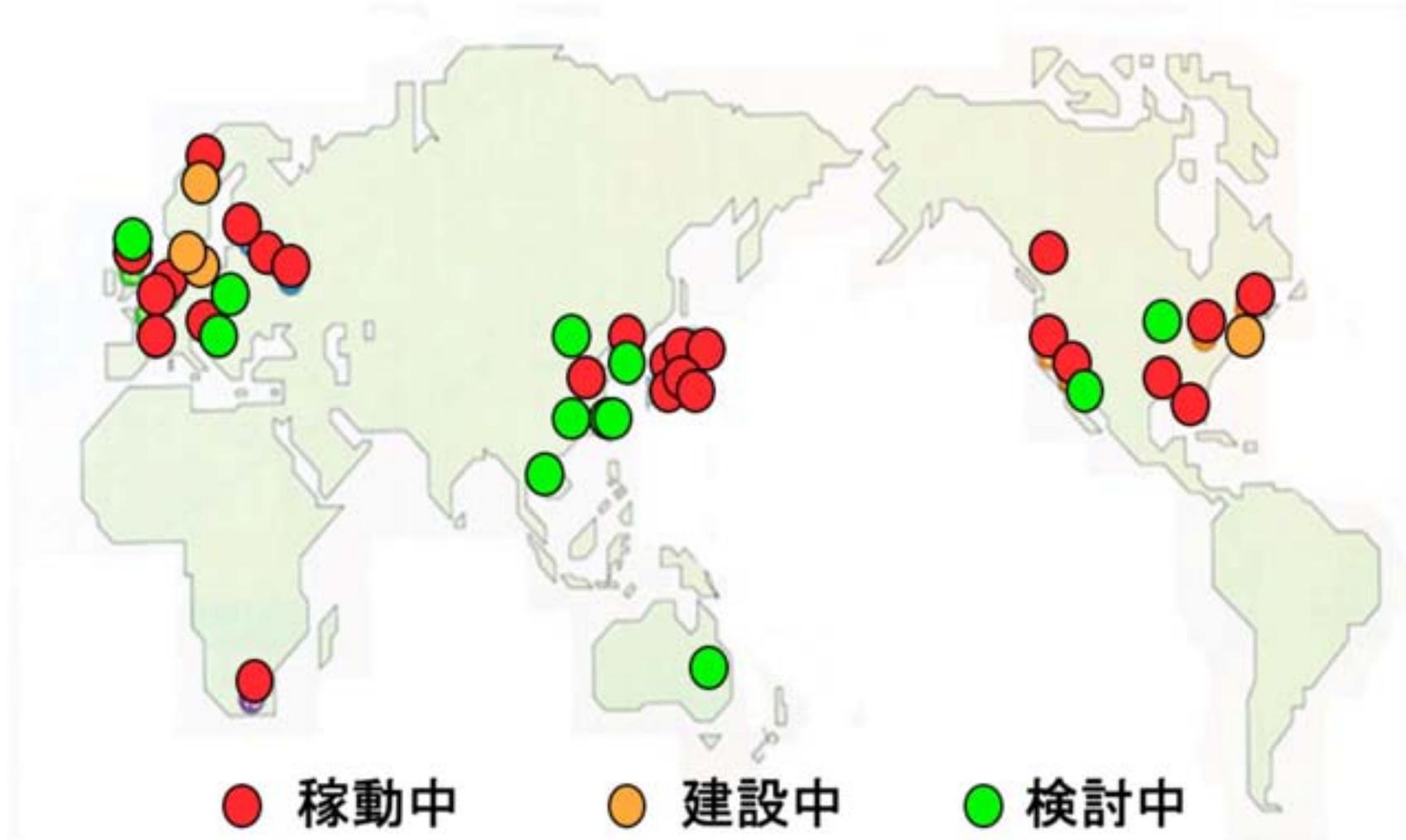


世界初の医療用陽子線治療施設

- ロマリンダ大学メディカルセンター
深部性の腫瘍も対応
- 回転ガントリー利用
多方向からの照射に対応

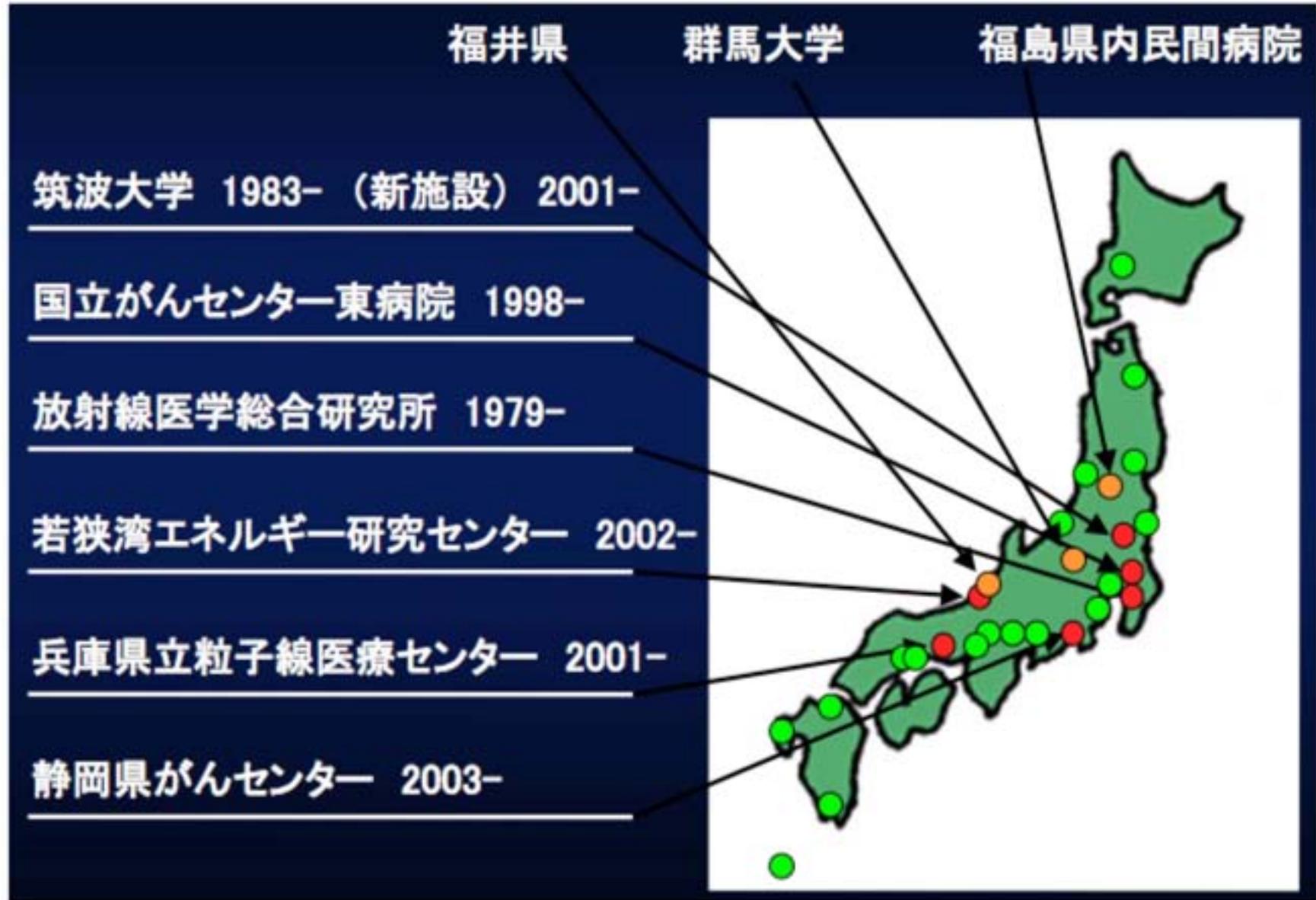


世界の粒子線治療施設



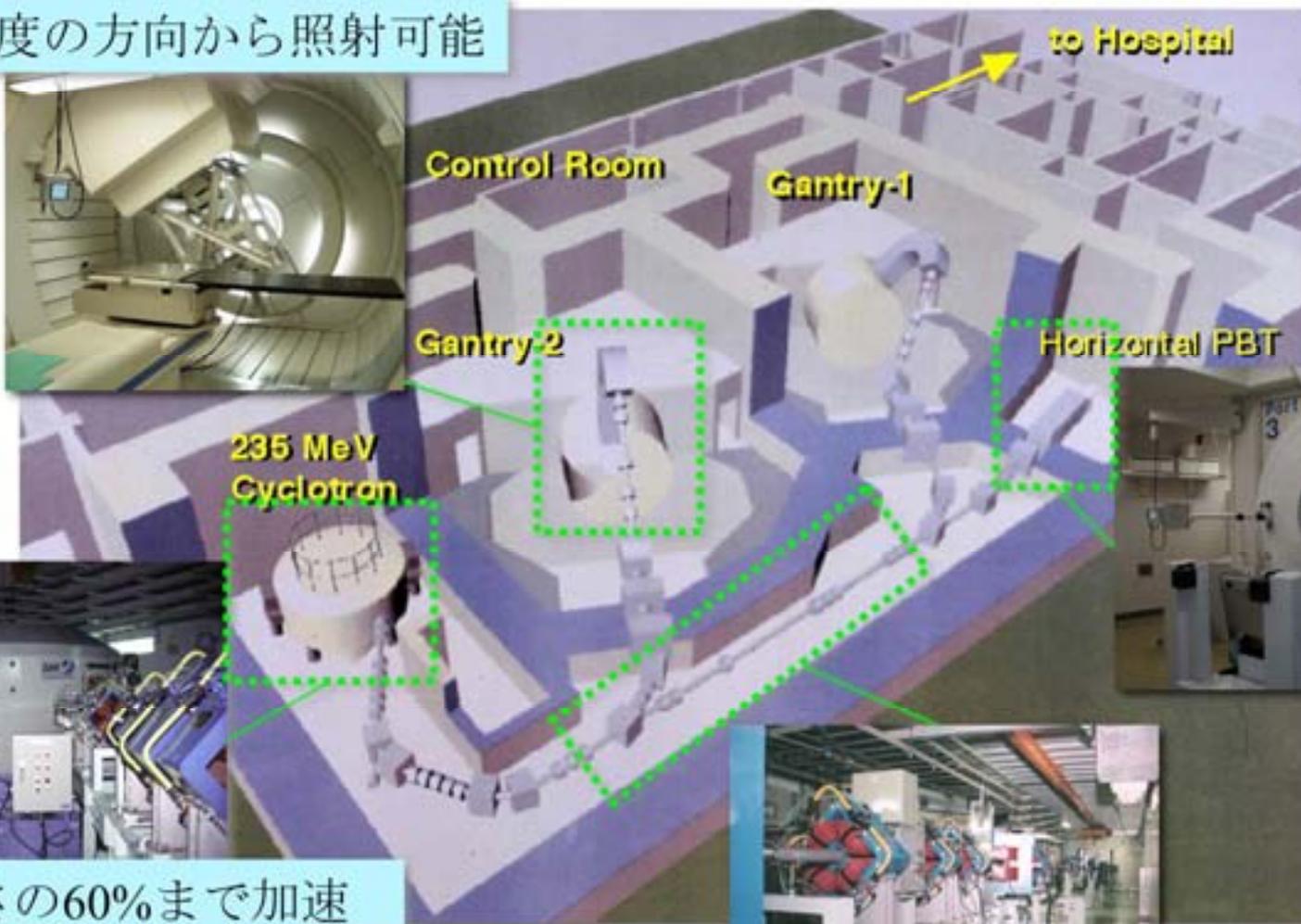
陽子線26、重イオン線3、予定施設は10以上

日本の粒子線治療施設



国立がんセンターの陽子線治療施設

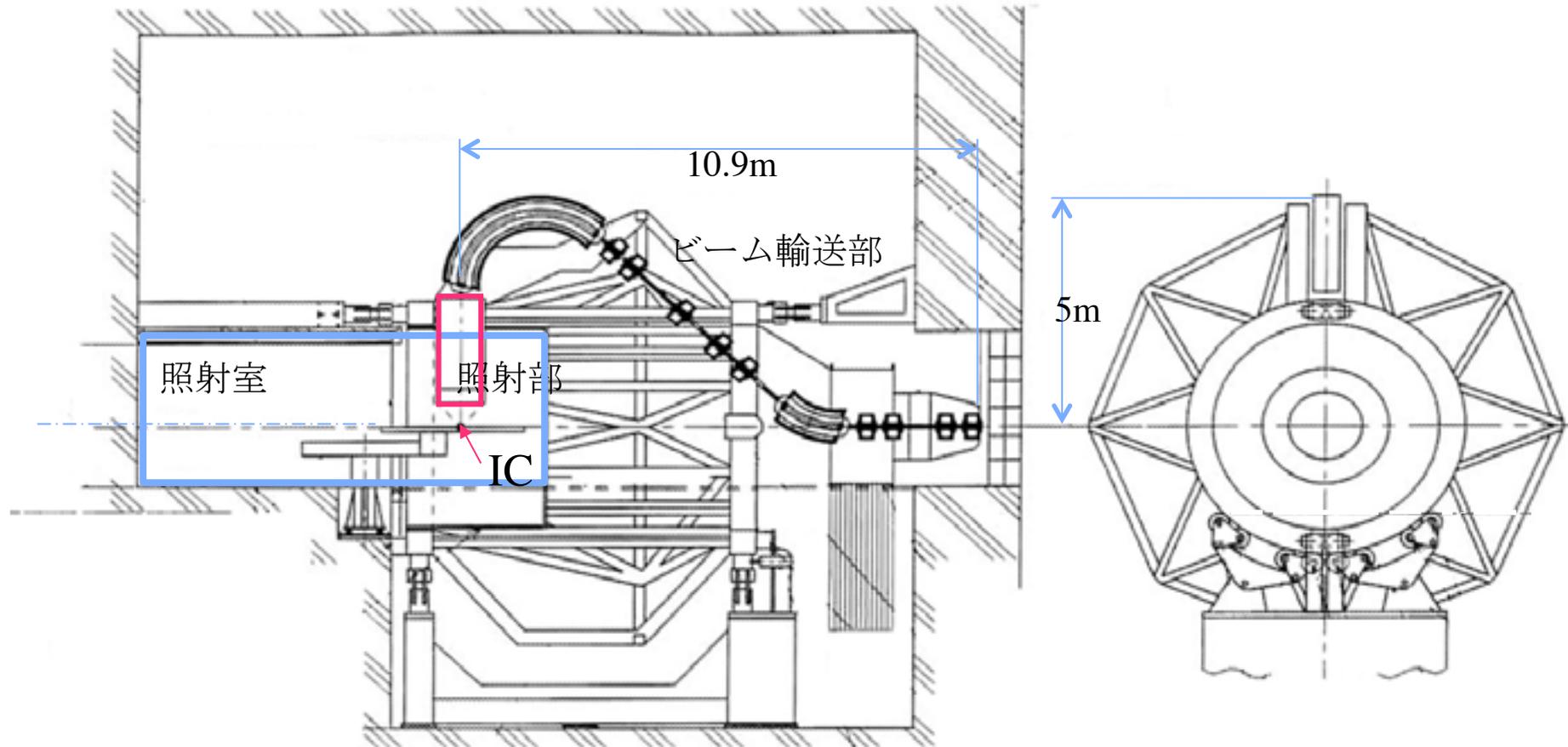
360度の方向から照射可能



光の速さの60%まで加速

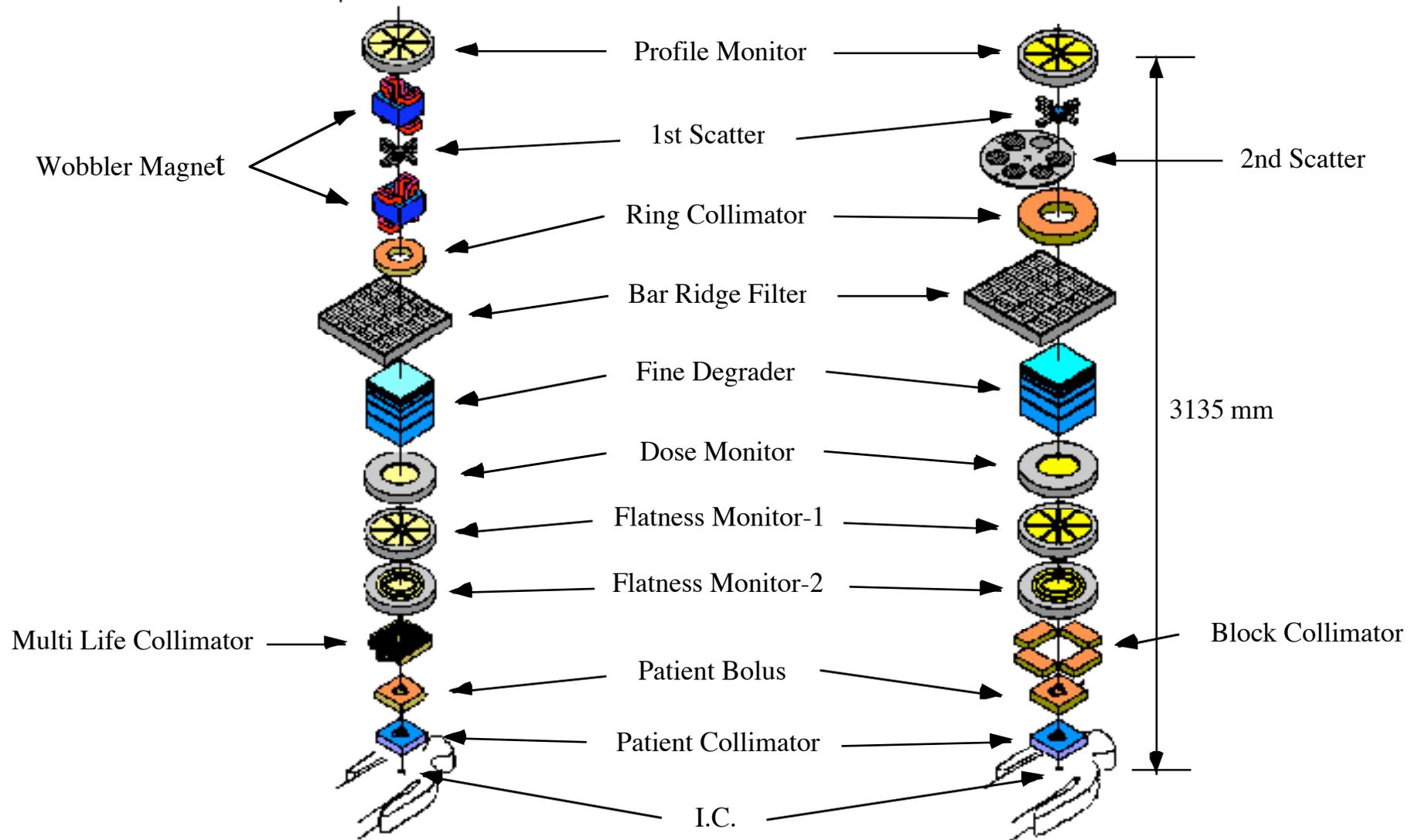


回転ガントリー照射機器



直径：10m、重さ：120ton

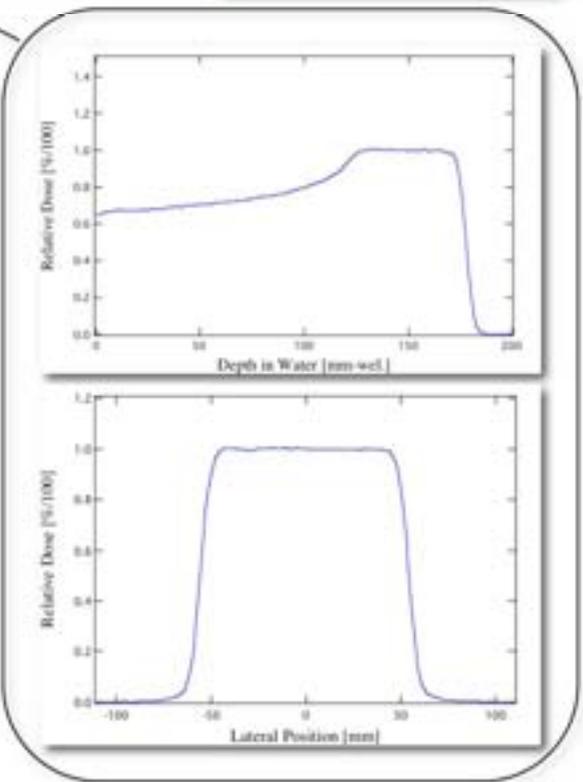
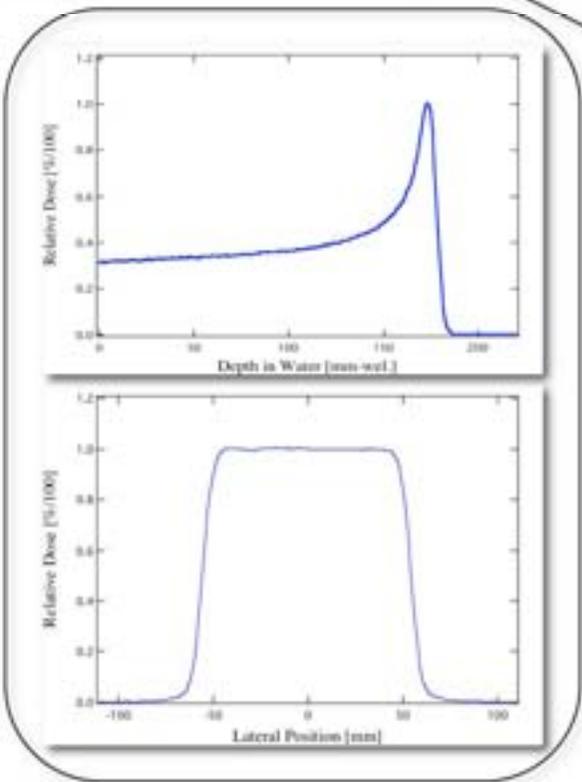
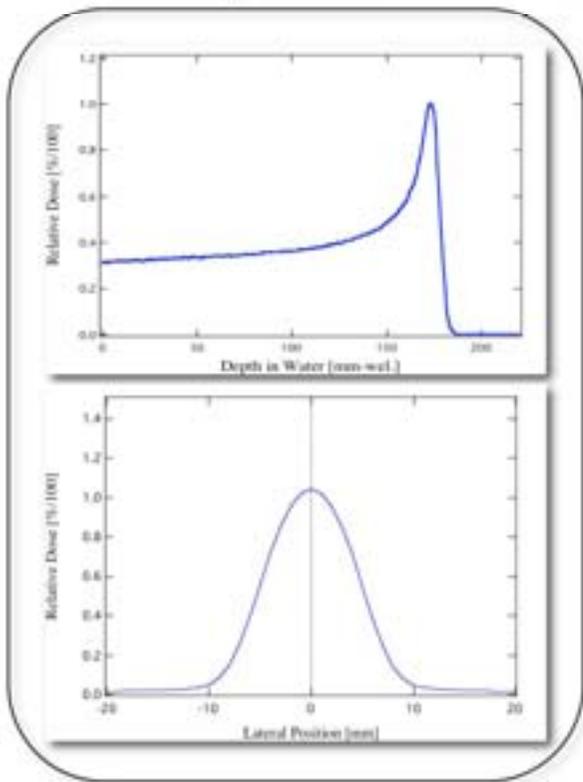
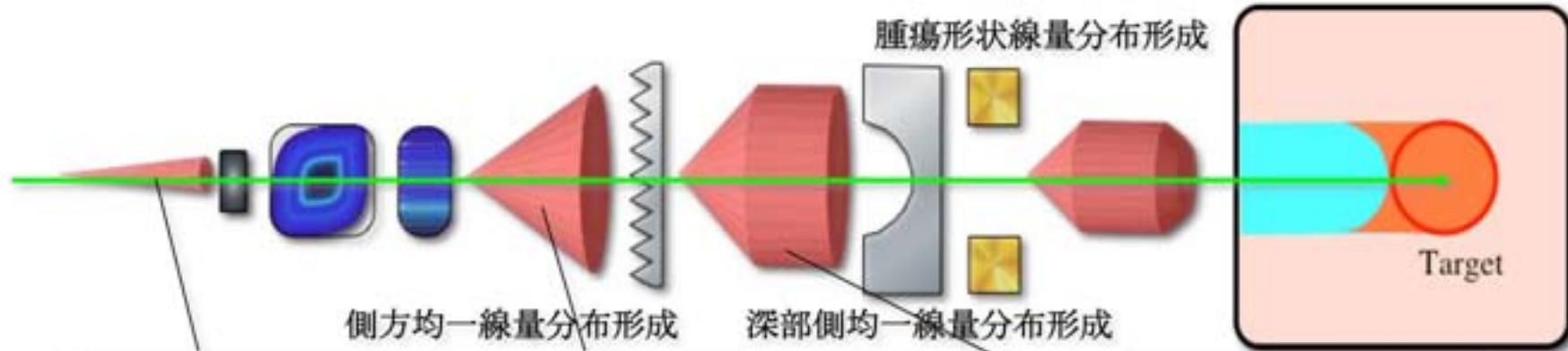
照射機器レイアウト



Wobler Method (G1)

Double Scattering Method (G2,G3)

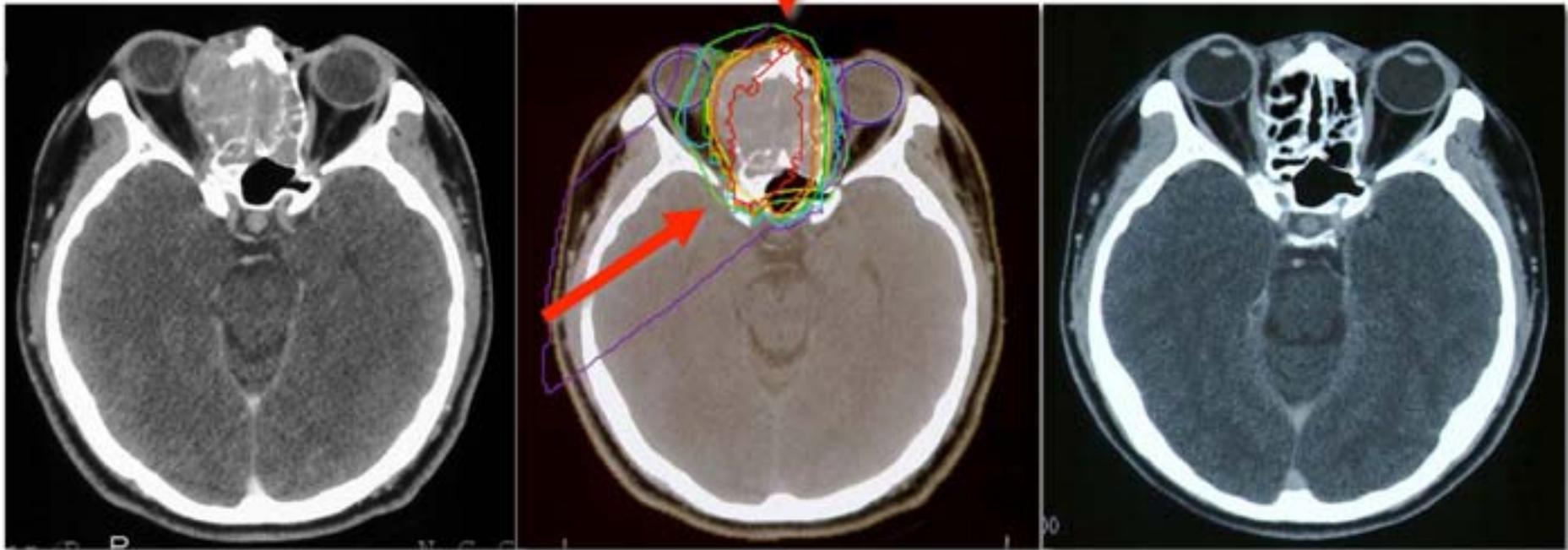
均一線量分布の生成



頭頸部腫瘍

150MeV/SOBP80/Gantry=0°

190MeV/SOBP80/Gantry=230°



Before

Proton Treatment
(planning view)

After

2.5[GyE]×26[fractions] = 65[GyE], 4 [fractions/week]

陽子線治療に携わるスタッフ

- ・ 放射線腫瘍医

- 処方線量、標的体積の決定、正常組織の線量制約、治療の最終的承認などに関与する。

- ・ 診療放射線技師

- 患者位置決めから治療照射実施まで、日々の患者治療の実施において関与する。

- ・ 医学物理士

- 治療計画の実施から、治療精度の維持・管理、更には精度向上のための研究開発に関与する。

- ・ 治療装置運転員(メーカー)

- 治療装置の運転・維持・管理に関与する。

陽子線治療の研究開発

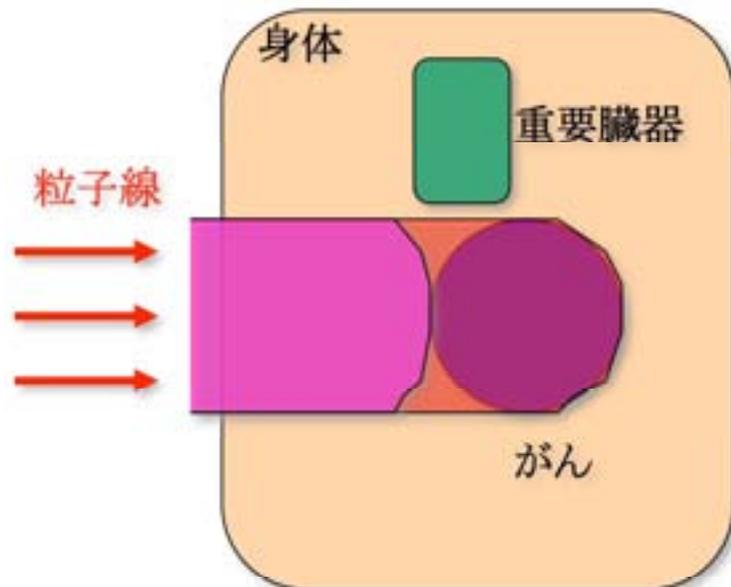
陽子線照射精度の重要性

ターゲットへの線量集中性が高い反面.....

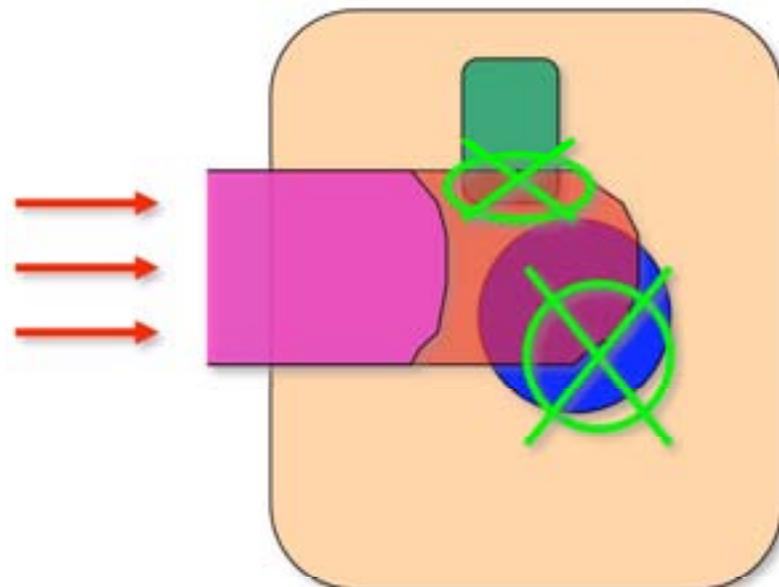
精度の良い事前計画及び実際のビーム照射を行なわなければ、ターゲットへの線量投与が部分的に不足する・重要臓器に高線量が入る。



がんが残るまたは再発する・障害が発生する



精度の良い照射が行なわれた場合



精度の悪い照射が行なわれた場合

陽子線照射精度の重要性

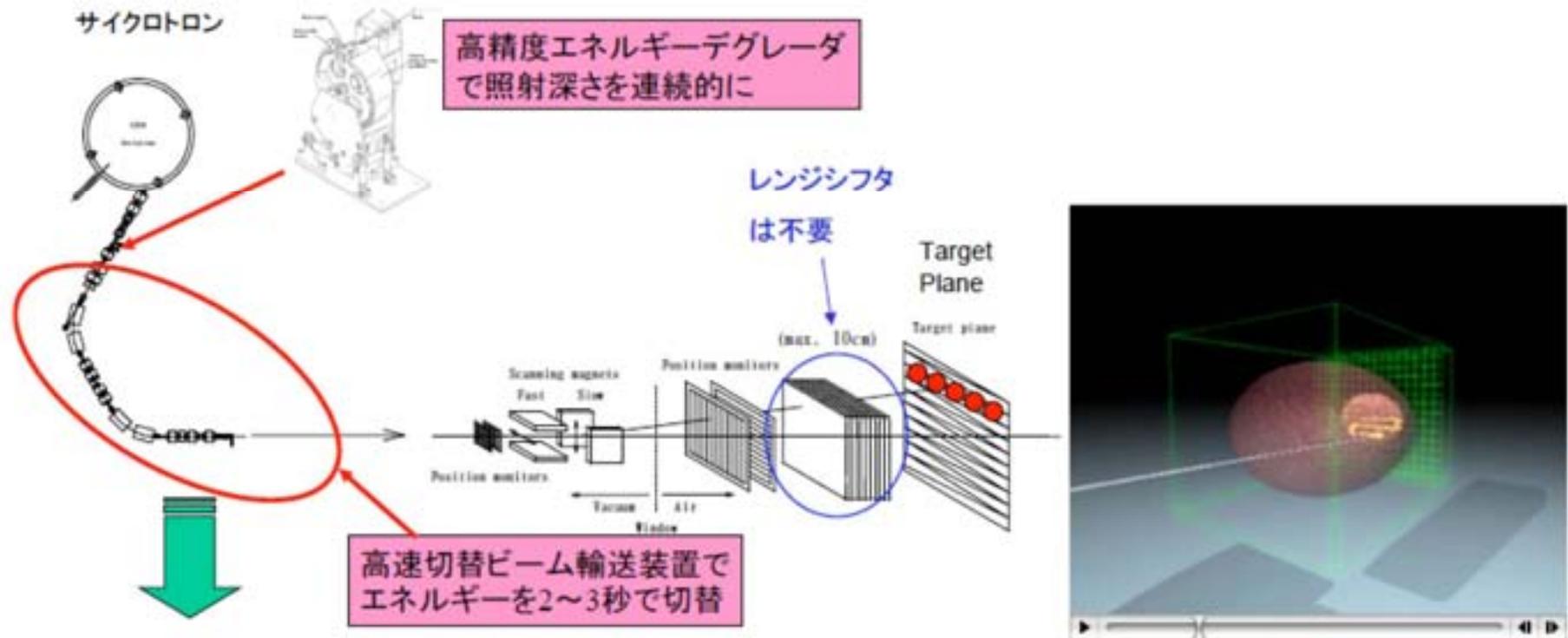
- 照射したい部分へ正確に計画通りの線量を照射
- 照射したくない部分には照射しない
- 治療計画（絶対線量・線量分布）の高い信頼性

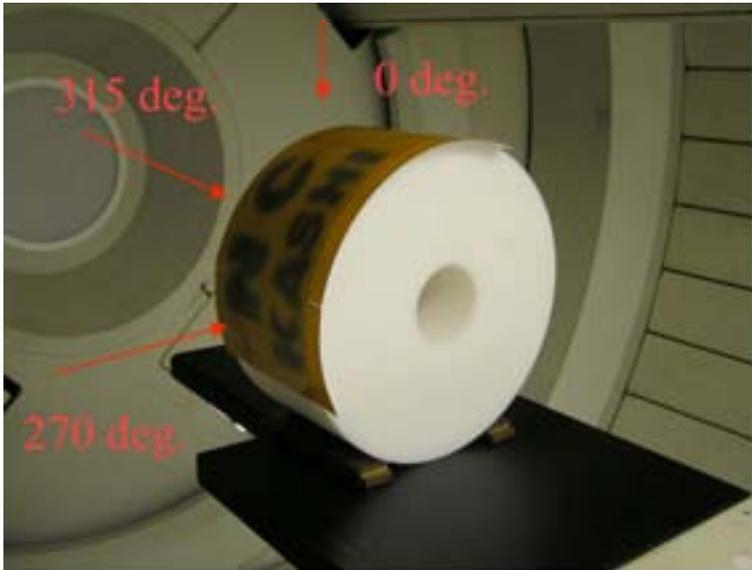


これらをベースに研究開発

照射システム

陽子線高速spot scanning system





270 deg. : “N” “KA”

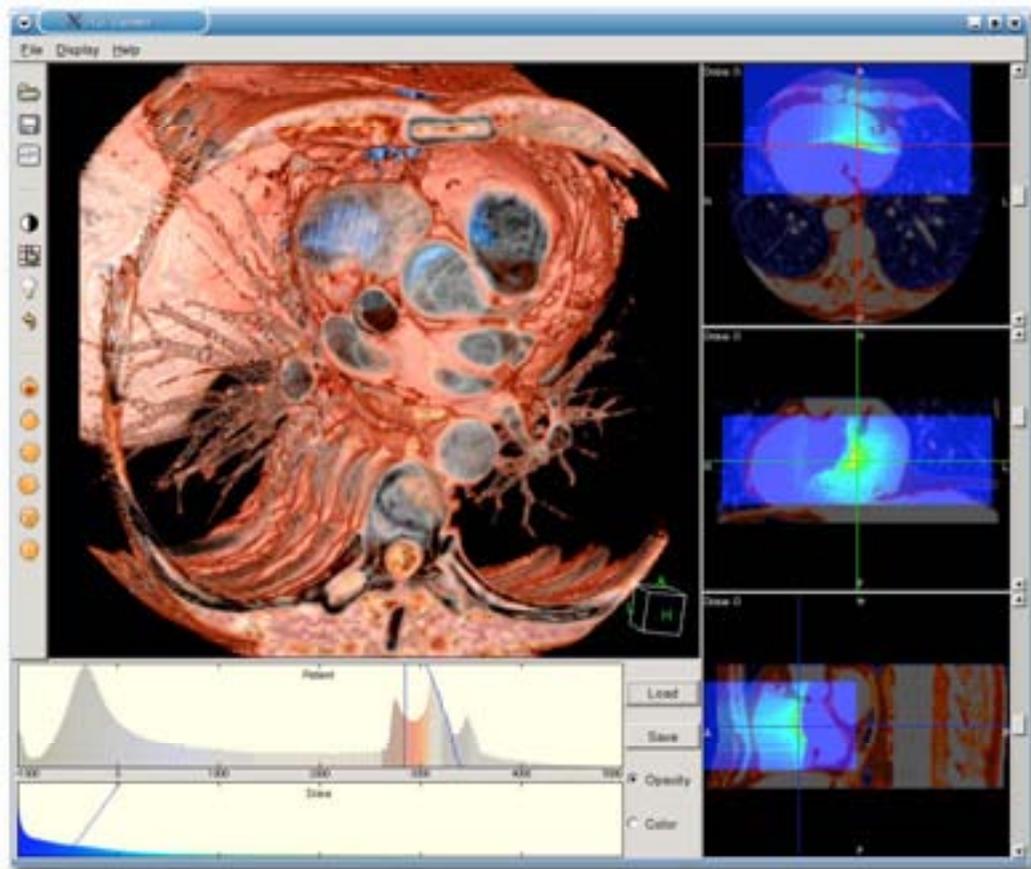
315 deg. : “C” “SHI”

0 deg. : “C” “WA”

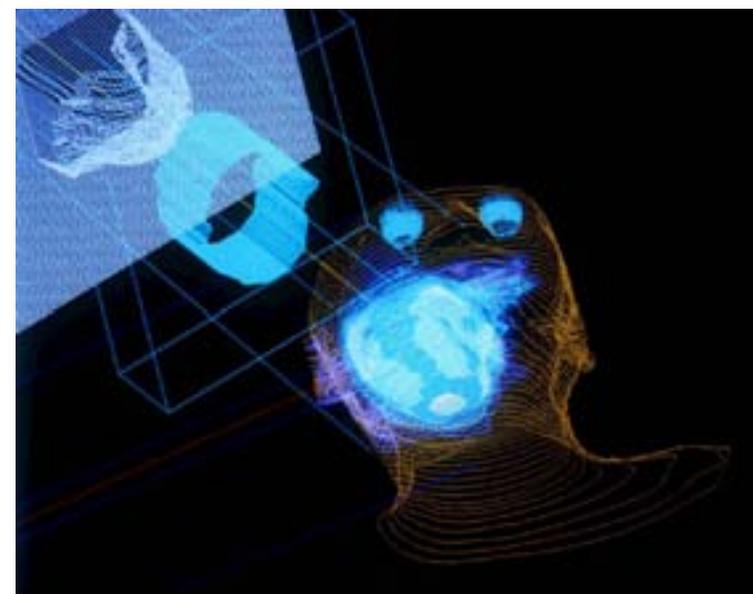
N C C
KASHIWA

シミュレーションシステム

高速・高精度治療計画装置

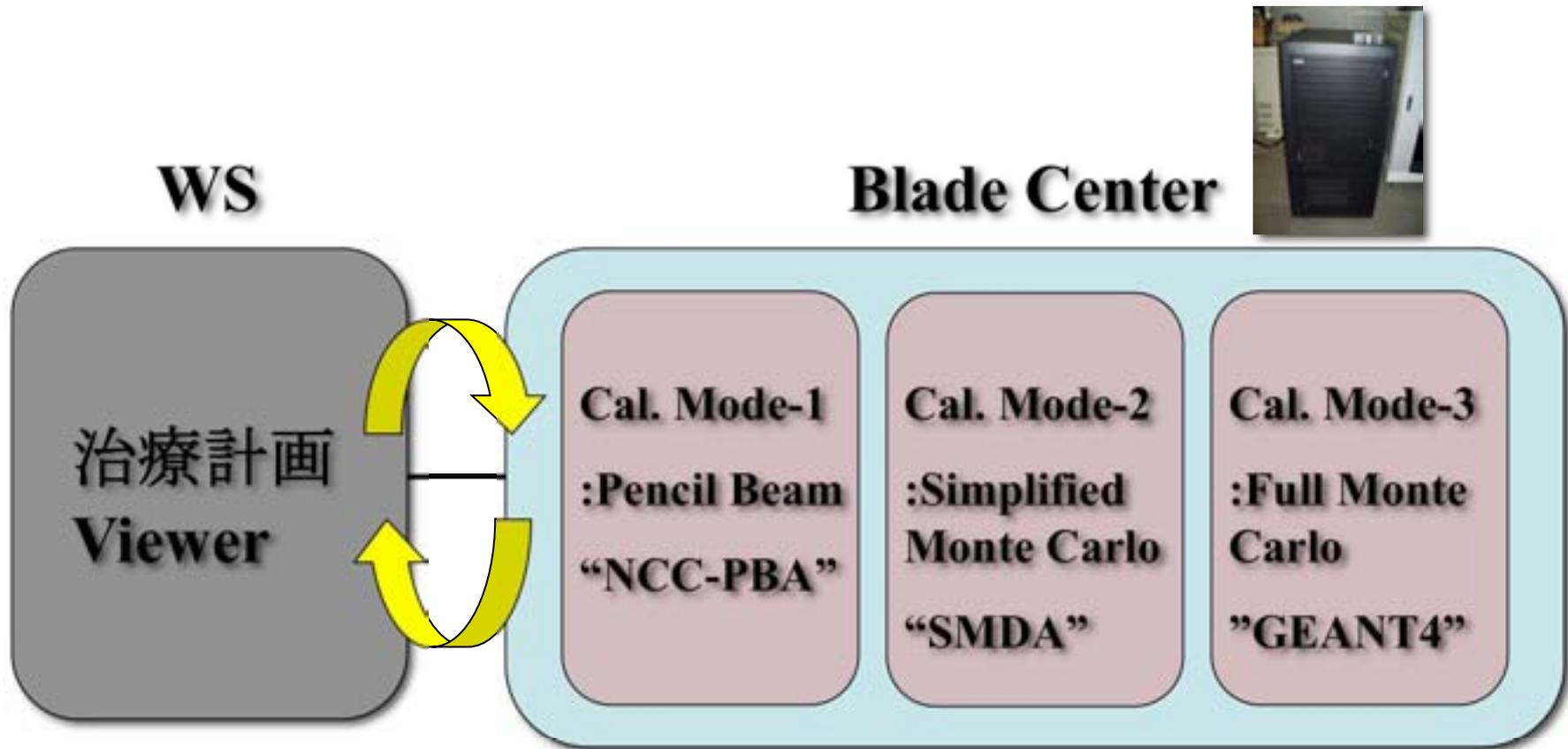


JST/CREST

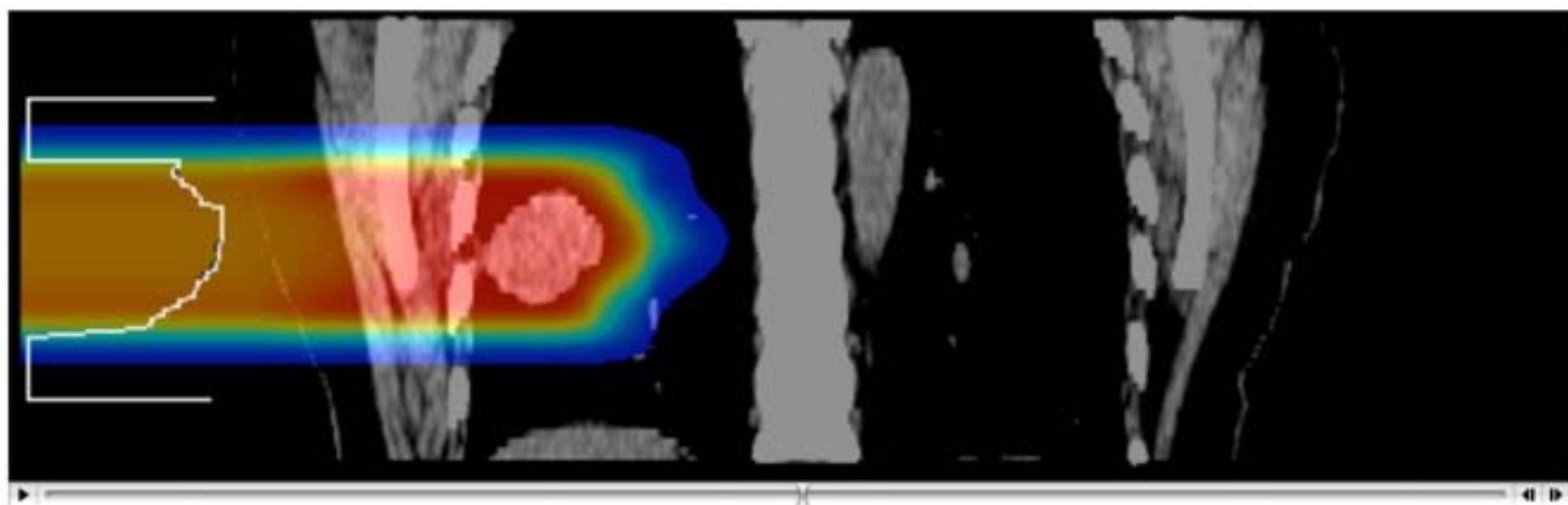
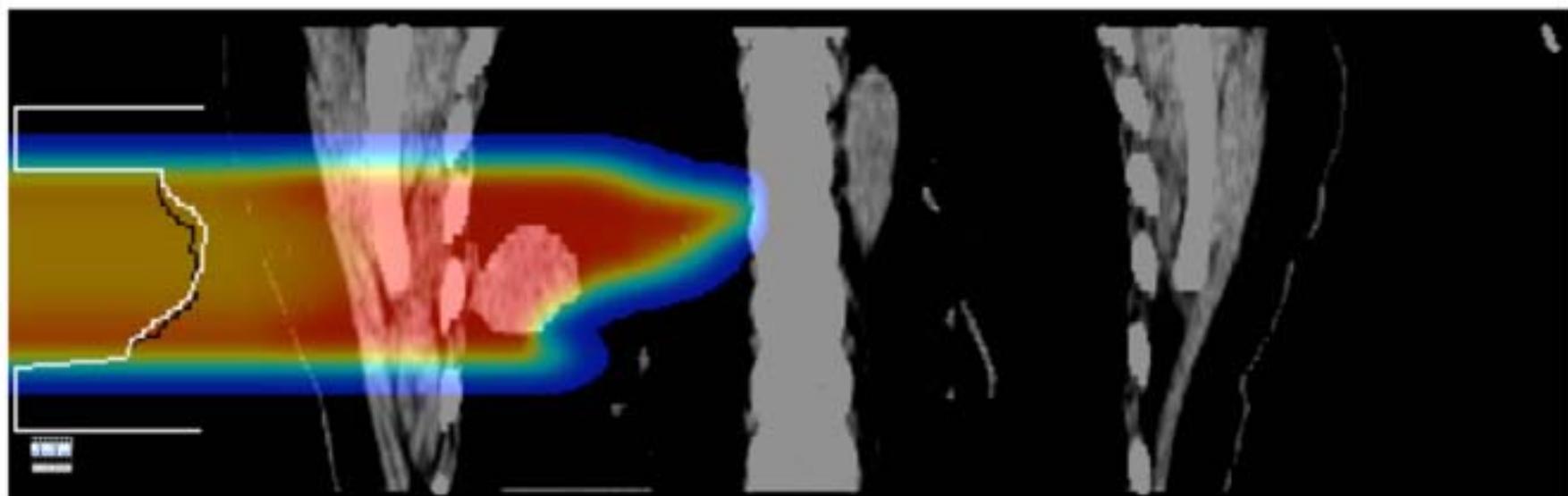


シミュレーションシステム

高速・高精度治療計画装置



照射シミュレーション (画像動画)



患者位置決め

放射線治療を行う場所で透視画像を撮影する



透視画像（3次元）
で腫瘍位置合わせ



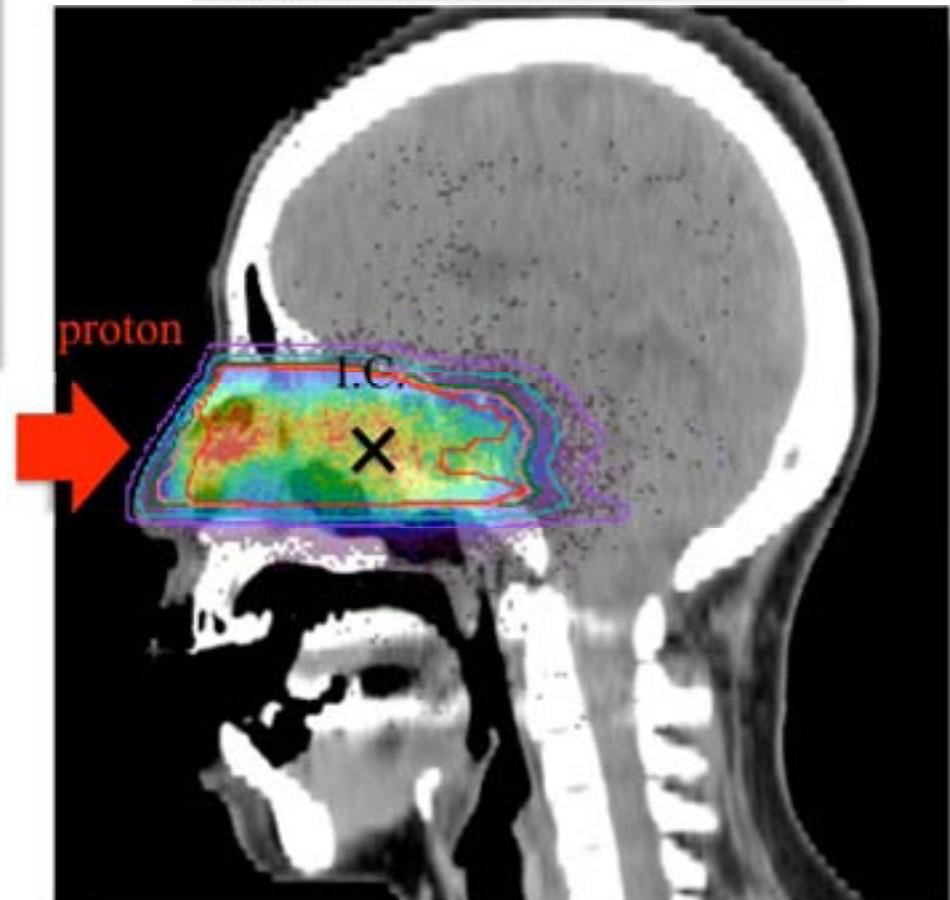
体内中での陽子線照射領域の可視化



$^{16}\text{O}(p,X)^{15}\text{O}, ^{14}\text{O}, \dots, ^{13}\text{N}, \dots ^{11}\text{C}, \dots$

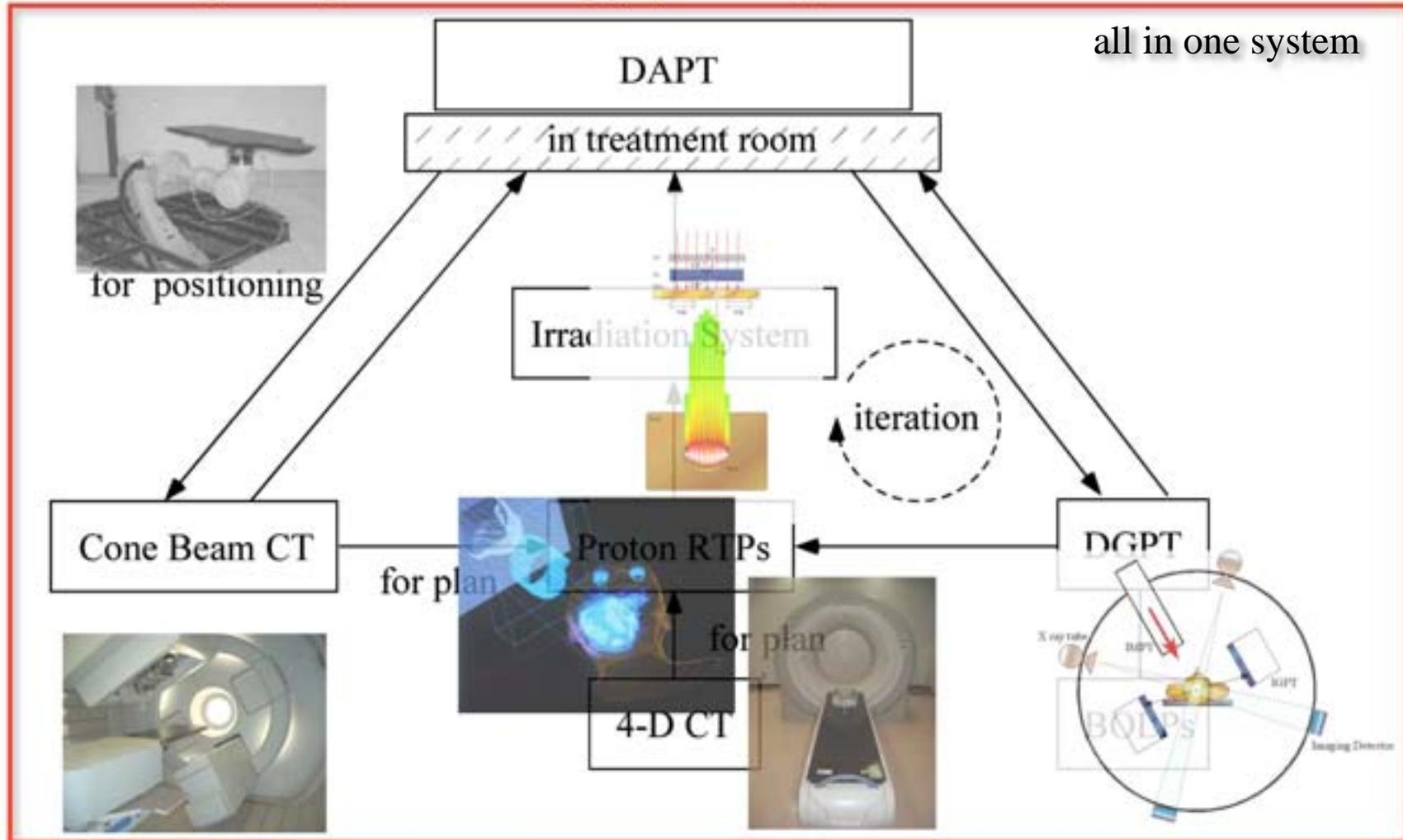
$^{12}\text{C}(p,X)^{11}\text{C}, \dots$

.....



システムの統合

Dose Adaptive proton therapy (DAPT)



医学物理学と医学物理士

医学物理士とは

病院、学校、研究所に所属し、物理工学の面から医学および医療に貢献し、かつ医学物理士の試験を受けて合格した人々を「医学物理士」といいます。

「詳細等は医学物理士会のホームページを参照
(<http://www.geocities.co.jp/Technopolis/5207/index.html>) 」

医学物理士とは

日米比較 (2001年データ)

	日本	米国
人口($\times 10^6$)	126.7	280.3
放射線治療施設数	640	2,000
放射線治療新患者数	134,000	700,000
放射線治療/全がん	20%	60%
放射線腫瘍医数	500	4,000
物理士数	350	4,000

国内で、医学物理士は学会認定の資格。

医学物理士とは

日米比較 (2001年データ)

	日本	米国
人口($\times 10^6$)	126.7	280.3
放射線治療施設数	640	2,000
放射線治療新患者数	134,000	700,000
放射線治療/全がん	20%	60%
放射線腫瘍医数	500	4,000
物理士数	20	4,000

実際、物理士として仕事をしている人数はこの程度…

理工系出身が多いが、そのほとんどが粒子線治療施設に所属

医学物理士の役割とは

- ❑ 患者ごとの治療計画実施や投与線量精度管理。
- ❑ 臨床現場において、治療装置の精度や性能の維持管理及び向上に貢献すること。
- ❑ 医学物理分野の発展・進歩において、研究開発面で貢献すること。
- ❑ 医学物理士の人材育成や教育に貢献すること。

がんの放射線治療はテクノロジーの進歩が著しい分野。最近ではコンピュータを使った治療計画システム（TPS）が広く使われており、治療計画の精度が向上している。しかし、これらのシステムはあくまでツールであり、最終的な治療計画の決定は、医師と医学物理士の協力で行われる。医学物理士は、物理学的な知識と臨床的経験に基づいて、最適な治療計画を提案し、実施する。また、治療装置の精度管理や性能向上にも重要な役割を果たしている。

仕事人 医学物理士



治療計画の精度を高める医療士

放射線治療より精度高く

医師と技師のすき間埋める

医療現場で活躍する医学物理士は、医師と技師のすき間を埋める重要な役割を果たしている。彼らは、物理学的な知識と臨床的経験に基づいて、最適な治療計画を提案し、実施する。また、治療装置の精度管理や性能向上にも重要な役割を果たしている。医学物理士の役割は、単に治療計画の実施だけでなく、治療装置の精度管理や性能向上にも重要な役割を果たしている。また、治療装置の精度管理や性能向上にも重要な役割を果たしている。

業務内容	放射線治療の計画作りや精度管理、新たな治療法の研究・開発も
資格・条件	日本医学放射線学会による認定試験に合格後、臨床経験を以て認定申請が必要。受験資格は理学系の学位を持つ経験者や放射線技師・医学物理系の修士以上
就業先	学会の認定を受けた3院人の多くは医師や放射線技師。がん医療の専門知識を有する医師や放射線技師の「がんプロフェッショナル養成プラン」で研修大学が養成コースを設けた

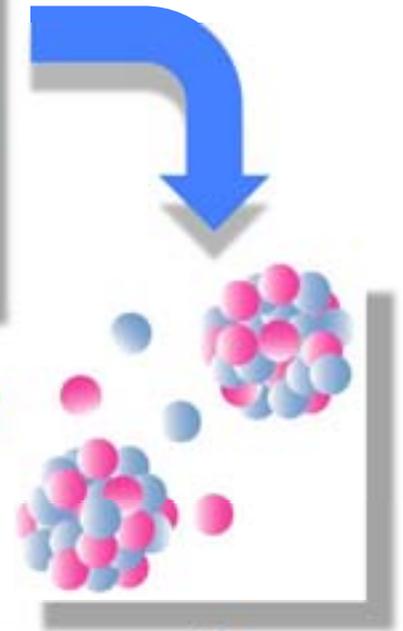
医学物理士の役割は、単に治療計画の実施だけでなく、治療装置の精度管理や性能向上にも重要な役割を果たしている。また、治療装置の精度管理や性能向上にも重要な役割を果たしている。医学物理士の役割は、単に治療計画の実施だけでなく、治療装置の精度管理や性能向上にも重要な役割を果たしている。

医学物理の魅力とは

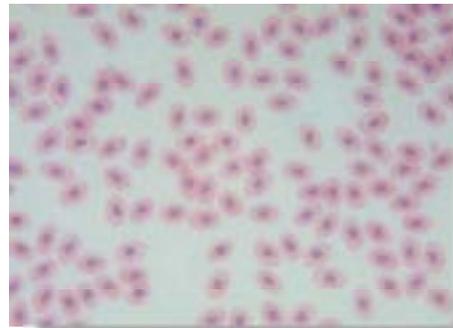
宇宙



巨視的な世界からより微視的な世界へ



人体



基礎や技術の応用から臨床までの幅広い研究が出来る

医学物理の魅力とは

- “がん患者の治療のため”といった明確な目的を持つことが出来る。
- “医療人としての自覚と責任感”を持つことが出来る。
- 様々な職種の方との協力体制の基で、研究面だけでなく人格形成面でも“幅広い視野”を養うことが出来る。
- 短期間で結果が出せるものから結果が出るまで長期間必要となるものなど“研究テーマが数多く存在”する。
- 国内では確立されていない分野であるので、努力次第では“医学物理分野のパイオニア”になることが出来る。

本年度から実施される人材育成プログラム

- 文科省：がんプロフェッショナル人材養成プログラム
対象は大学院生。育成プログラム期間は数ヶ月から数年。
医師、技師、看護師等、大学と地域拠点病院等との連携により人材を育成する。
医学物理士の育成も主軸の一つ。

- 文科省：粒子線がん治療に係わる人材育成プログラム
対象は社会人。育成プログラム期間は1-2年。
医師、技師、看護師、物理士の人材育成を既存粒子線施設を中心に実施。



医学物理とは…

医学物理とは、名前の通り、医学と物理学です。



医学

大学を卒業して、医療現場に入ってから十分学ぶことも可能



物理

学部・大学院で物理の基礎を十分学ぶことが理想

医学物理とは…

医学物理の場合は、

医工連携 → 医学、理学、工学 → 医理工連携

医学という学問は幅広い

医学
物理

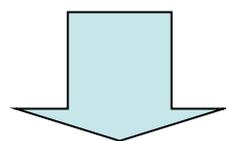
物理学を幅広く学び、しっかり支える土台作り

“医学物理”を新たな学問に

医療職種名をワープロ変換すると....

医師、放射線技師、看護師、薬剤師、臨床
工学士、...

いがくぶつりし



医学部釣り師 ??



ワープロ変換でも**医学物理士**が一発変換で出
るぐらいの認知度向上が必要....行政的活動

そのためには “若い力” が必要

Thank you for your attention !! 😊