

退任記念講演

「放射線医学講座・放射線部の20年の歩み」

伊藤 勝 陽

広島大学大学院医歯薬学総合研究科
展開医科学専攻病態情報医科学講座
放射線医学教授

平成21年3月5日

(於：広島大学医学部第5講義室)



伊藤 勝陽 教授

【略歴】

- 昭和47年 3月 広島大学医学部医学科卒業
 昭和47年 7月 広島大学医学部 助手
 (S48. 4～S50. 3 慶応大学医学部放射線診断部・西岡清春教授)
 (S54. 12～S55. 2 順天堂大学超音波センター・和賀井敏夫教授)
- 昭和55年 6月 広島赤十字原爆病院放射線科副部長
 昭和58年 7月 広島大学医学部附属病院 助手
 昭和62年 2月 広島大学医学部 講師
 昭和63年 7月 広島大学医学部 助教授
 平成元年 5月 広島大学医学部 教授
 広島大学医学部附属病院放射線部部長
- 平成14年 4月 広島大学病院副院長 (経営担当), 安全管理部長
 平成15年 4月 広島大学病院医療相談室室長
 平成16年 4月 広島大学病院院長補佐
 平成18年 4月 広島大学医学部医師会会長
 広島県医師会常任理事
- 平成21年 3月 広島大学退任
 平成21年 4月 広島大学名誉教授

【学会活動】

- 日本医学放射線学会 (監事)
 日本磁気共鳴医学会 (評議員)
 日本肺癌学会 (評議員)
 日本小児放射線学会 (代議員)
 日本画像医学会 (監事)
 日本脈管学会 (評議員)
 日本超音波医学会
 日本癌治療学会
 北米放射線学会
 欧州放射線学会
 米国超音波学会

平成元年5月から勝田静知名誉教授の後任として放射線医学講座を主宰してきたが、この3月で19年11ヶ月となる。就任時は長いと思っていたが、過ぎてしまえば短い年月であった。

ところでこの間の放射線医学は、画像情報はアナログからデジタルへ、フィルム診断からモニター診断へと変わり、診断装置ではMRI、DSA、多検出器列CT (MDCT) が出現・普及し、また造影剤も副作用の少ない非イオン性造影剤が出現した。治療分野ではコンピュータを駆使した高精度放射線治療が始まったが、残念ながら県内においては未だ整備されているとは言えない。しかし平成19年度に附属病院に放射線治療部が新設され、京都大学から永田靖先生を迎えることが出来た。平成21年4月から放射線治療部は放射線ゲノム医科学講座になり、永田先生がその初代教授に就任することが決まった。永田教授を中心にこの分野の飛躍を期待している。

さて、放射線医学は1895年11月8日のレントゲンによるX線の発見、1896年3月2日のベクレルによる放射能の発見、1898年12月26日のキュリー夫妻によるラジウムの発見から始まった。その後、X線以外の超音波やMRIなどが診療に使用されるようになり、放射線診断は画像診断と呼ばれるようになった。

I. 画像診断分野

画像診断には形態診断と機能診断とがあり、現在は形態診断が主に行われているが、PETなどによる分子イメージングによる機能診断にも目が向けられている。

画像診断は病変があるかないかの存在診断、病変があればその良悪を評価する性状診断と鑑別診断、悪性の場合には病変の進展・浸潤を評価する病期診断と確定診断へと進めていく。通常画像はグレイスケールで表示されるが、同じ色でも内容(病態)は異なる事もあり、陰影が病理組織学的に何を現しているかの評価が形態診断の究極の目標である。

また近年のCTやMRIの発達に伴い、画像診断が手術支援やメタボリック症候群の評価のためにスクリーニング検査として使われる事もある。新たな装置が導入されるとその装置の診断能について画像と病理組織像とを対比しながら検討が行われてきた。

ところで診断能の向上はCTやMRI、超音波装置の技術進歩の面に依存していると言っても過言ではない。広島大学病院の放射線部の装置の変遷についてCTを中心に述べたい。

1) CTについて

CTは1972年英国放射線学会においてHounsfieldとAmbroseにより装置の使用経験が報告された。コンピュータを用いて画像再構成したこと、散乱線を除去するため十分コリメートされたX線が用いられたこと、高感度の検出器により透過X線を検出したこと、周囲の組織に影響されないよう体内の任意の点の吸収係数を求めたことが装置の新しいポイントであった。CTの発明により脳血管疾患による死亡率を軽減したインパクトは非常に大きいものがある。しかし撮影時間および画像再構成時間が長いことからその後改良が重ねられ、第五世代の電子ビームCT (EBCT) まで作られた。しかし、第三世代に対して革命的技術が起こり、現在では第三世代が使用されている。その一つはスリッピング方式の発明である。電力供給とデータ転送がケーブルからブラシを使って行われるようになり、連続して回転ができ、1回の息止めで広範囲が撮影され撮影時間も短縮された。もう一つは多検出器列CT (マルチスライスCT: MDCT もしくは MSCT) の発明である。1998年にMDCTが発表され、99年に4列のMDCTが当院にも導入されたが、この装置によりx, y, z方向に同じ長さを持つ等方性ボクセルでのボリュームデータをより短時間で収集できるようになった。このため高精細なMPR画像や3次元画像を得る事が可能となった。撮影時間の短縮は患者の息止め時間の負担を軽減し、また列数の増加に伴い心拍動によるアーティファクトの影響も低下させることができるので循環器領域も撮像対象に加わった。

①心臓CT

心臓CTは広島大学の画像診断の研究の一つの柱となっている。上段左は心臓専用機である第五世代のEBCTで、この装置は時間分解能が高く心臓の検査に優れている。しかし心臓以外の臓器には撮影範囲が狭く、また高価である欠点を有していた。

右に向かって4列、16列、64列とMDCTが進歩を遂げ、64列は今では循環器診療の中で大きな役割を果たしている。被ばくを伴うCT検査は、基礎的研究が重要であり、心臓ファントム、擬似冠動脈、ステントなどを

用いて研究している。臨床研究では冠動脈石灰化, CT 冠動脈造影が主な研究対象である (図1)。

4列の MDCT はガントリ回転速度が0.5秒と制限されており, 回転速度の1/2, すなわち0.25秒が時間分解能となる。19.1m秒以下でないと心拍動の影響を受けない画像が得られないといわれているが, 250m秒では全く不十分である。そこで, 心電図を同期させ, 複数の心拍の scan から同じ心時相の分割データを集めて画像再構成させる手法で EBCT の100m秒 (最短50m秒) に匹敵する最短130m秒の時間分解能を得る事ができた。このアプリケーションの実用化を GE 社と共同研究を行ったが, このプロジェクトには広大を含め世界で4施設が参加した。EBCT と4列 MDCT の画像を比較してみると, 4列 CT は時間分解能が EBCT に劣り, 右冠動脈からのアーティファクトが目立つものの, 画質は良好で, 「ざらつき」が少ない。一方 EBCT の「ざらつき」は出力不足による画質低下を表しており, 空間分解能が制限され, 非ヘリカル心電図同期法のため z 軸方向の連続性にも難点がある。MDCT はこれらの改善が期待でき, また後処理により様々な心時相が volume data として再構成できるようになった (図2)。

X線を用いた放射線診断の基本的な考え方は可能な限り正当な被ばく軽減である。

MDCT による心臓 CT では, テーブル移動速度を遅くして心電図同期下でヘリカルスキャンを行い, 後に画像に必要なデータを使用するという方法なので, 画像再構成に不必要な X線被ばくを患者に与えている。心臓 CT の欠点の一つとして高被ばくは問題視されてきたので, 心電図同期下で画像再構成に必要な心位相 (主として拡張期) のみに X線曝写を行う手法が64列 CT で可能になるかどうかを評価した。右は従来法, 左が新しい方法である。被ばく量は3mSv,15mSv と1/5であるが画質には遜色はなく, 低心拍数 (1分間65心拍まで) かつ安定した心拍の患者に有効である。この手法の開発にも世界で10施設に選定され参加した (図3)。



図1

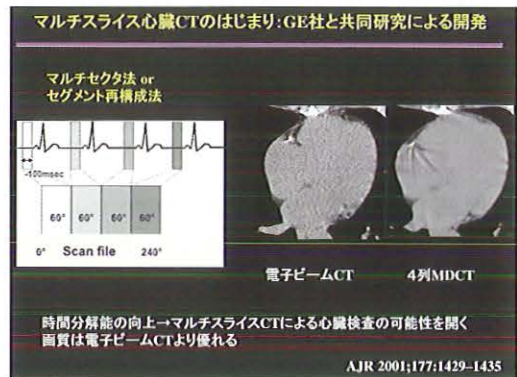


図2

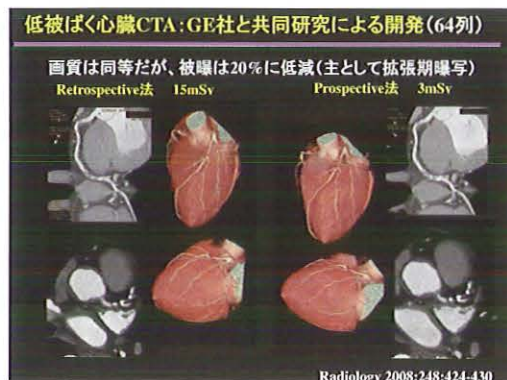


図3

上行大動脈も拍動の影響をうけ画質が劣化する。動脈硬化は全身性疾患であり、大動脈、大動脈弁、冠動脈などを同時に観察する検査として CT を位置づけることも重要で、低被ばく心臓 CT の撮像法を大動脈に応用した。左上には大動脈弁の観察に有用な planimetry view (面積測定像) の再構成を示す。左下図は大動脈弁疣贅と二尖弁。右下は左前下行枝の石灰化、狭窄を提示している。中央の volume rendering 画像では、大動脈、冠動脈、肺動脈などすべての血管が動きにぶれない画像として描出されている (図4)。

放射線科は EBCT 以来循環器内科と緊密に連携し、研究を進めてきた。急性冠症候群の CT 所見として血管断面積増大 (陽性 remodeling), 低い CT 値のプラーク (いわゆるソフトプラーク), 微細石灰化が重要である事が判明している。血管内エコーとの比較検討で MDCT が高い信頼性を持つことが証明され、また脆弱な性状の非石灰化動脈プラークが急性冠症候群に高頻度に描出されたことから、MDCT が急性冠症候群発症の危険性を有する症例や病変の検出に有用である可能性を指摘できた。右は冠動脈硬化と内臓脂肪沈着が密接に関係することを示した論文で、日本人における内臓脂肪面積の危険域を示唆している。今後国内他施設との共同研究を進め、all-Japan のデータが広島大学から発信されることを楽しみにしている (図5)。

②治療支援とナビゲーション

また画像診断はコンピュータ、IT 技術と密接に関連している。この画像はラジオ波による肝臓がん焼灼治療前後の画像を比べ、がんが焼灼されたかどうか評価したものである。剛体レジストレーションという技術を搭載したソフトを用いて治療前後の画像を重ね合わせ、治療効果判定を行っている (図6)。

IVR や手術に対し支援画像としての三次元 CT (以下 3DCT) は大きな役割を担う。4列の MDCT では泌尿器科と共同で腹腔鏡下手術の術前検査としての手術支援を行った。腎茎部の主要血管の本数や変異の有無、腫瘍と腎杯との距離計測を行い、術中ビデオと比較検討しその有用性を確認した (図7)。

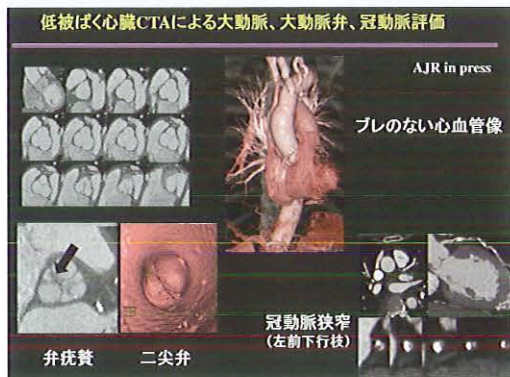


図4

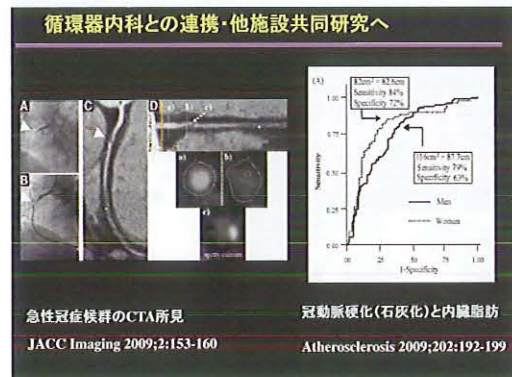


図5



図6

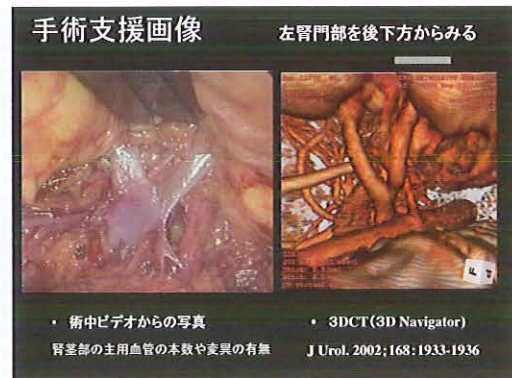


図7

右は顔面神経痛の神経ブロックを支援するために3DCTを用いたもので、EJRの表紙を飾った。左は肝移植に際し術前、術後またドナー、レシピエントに対し3DCTを用いたものである。すべての肝移植患者に3DCTを行い、ドナーの残存肝を35%残すために肝切除ラインを想定し、ドナー、レシピエントの処理すべき静脈や門脈、胆道などの走行、位置を術前に確認している。また術後肝の再生評価のための容積測定や合併症の有無評価なども行っている(図8)。

整形外科と共同で実態モデルを作成し舟状骨骨折の内固定に応用した。まず死体の手関節を撮影し、舟状骨の実態モデルを作成、その後取り出した舟状骨と実態モデルのサイズを比較検討したところ数%実態モデルが大きかったが、治療上実態モデルのサイズ縮小は不必要と考えられた。また左右の舟状骨は鏡面像を呈する事が報告されている。そこで骨折のない半対側の舟状骨を撮影し、3DCAD (computer aided design) データから鏡面像の紙積層式の舟状骨三次元実態モデルを作成した。このモデルに合わせて骨折を内固定治療した(図9)。

2) MRI について

国立大学の中では最も早く導入されたが、3TMRIは最も早く導入された。MRIは密度分解能が高いので、たとえば肝臓がんとその境界病変の鑑別など造影剤併用による病理組織学的検討が行われ成果があがっている。また血流情報による中枢神経系や心筋の機能評価も可能である。リンパ管とリンパ節、末梢神経の描出が形態診断では未完の分野であるが、新たなMRI造影剤の開発によりきりひらかれることを期待している。

私どもの教室を含め生体内の水の拡散について内外での報告が多いが、現在、拡散テンソル画像を末梢神経に応用し、末梢神経の障害状況の評価に応用できないか検討中である(図10)。

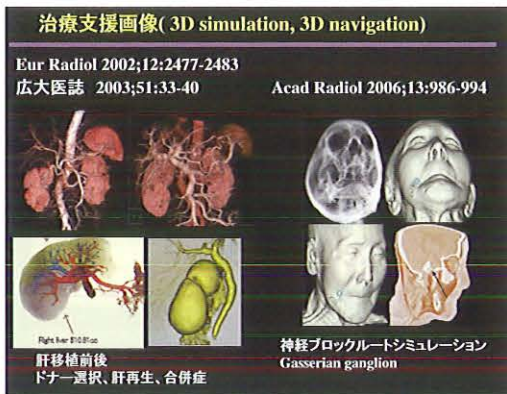


図 8



図 9

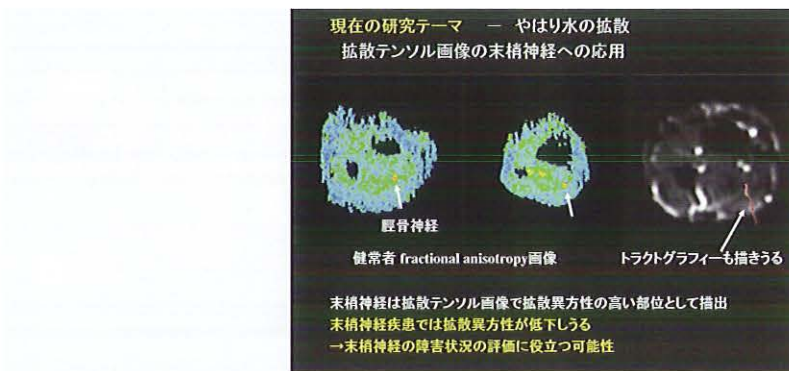


図 10

II. IVR 分野

1975年から本格的に血管造影を開始した。婦人科，泌尿器科，小児外科からの依頼で年間200件を超える血管造影を行った。当時はCTやUSも普及しておらず，侵襲的ではあるが血管造影が最終診断法と位置づけられていた。消化管透視撮影装置に連続撮影装置を付加しただけのものではあったが，ステレオ撮影が可能であり血管を立体的に観察できた。泌尿器科の故中野博助教授と共同で腎がんの塞栓術に取り組んだのが当科でのIVRのスタートとなった(図11)。1990年に漸く腹部用DSA装置が導入され，種々の器具の開発・改良により(例えばイントロデューサーシース，マイクロカテーテル，マイクロガイドワイヤーなど)超選択的血管造影が可能になった。また塞栓物質やバルーン，ステントも開発され，塞栓術だけでなく血管形成術も行われるようになった。1999年にMDCTが導入されると三次元ナビゲーションを利用し，IVRはより効率的に行えるようになった。2000年にはIVR-CTが導入され，CTや超音波を用いた非血管系IVRも行いやすい環境となった。

2000年以降のIVR部門の検査，治療件数の推移を示す(図12)。診断目的の血管造影検査は肝臓，四肢が多く全体の2割を占める。比率的には減少傾向にあるが残念ながら総数は余り変わらない。動注化学療法と動脈塞栓術もやはり肝臓が多い(図13)

非血管系IVRの件数では各種ドレナージが増えているが，IVR医が何に興味を持っているかにより対象が変わっている(図14)。

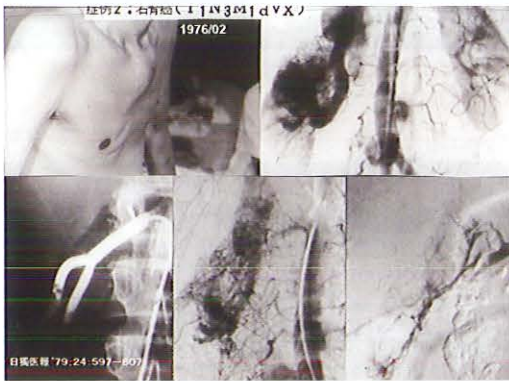


図 11

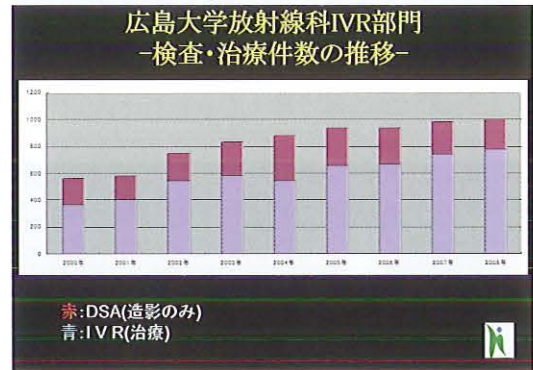


図 12

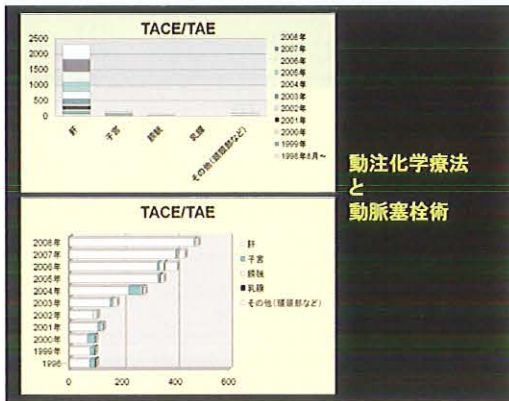


図 13

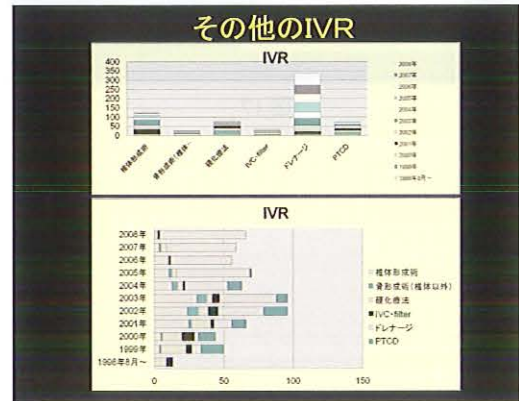


図 14

III. PACS

1997年から装置が導入されるたび、段階的に院内ネットワークシステムの構築を始めた(図15, 16)。当初は撮影装置単位でサーバーを立てたが現在は一括管理され電子カルテからオリジナル画像を参照できる(図17)。現在はレベル4にあるが、動画像・3D画像の院内配信、マンモグラフィー読影用モニター(5Mモノクロ構成モニター)の整備やカンファランス室、手術室、救急部門などでのモニタシステムの構築などフィルムレス環境を更に整備し、外部施設との連携、患者情報の統合化によりネットワークは完成され、フィルムレスとなるのも近い(図16)。

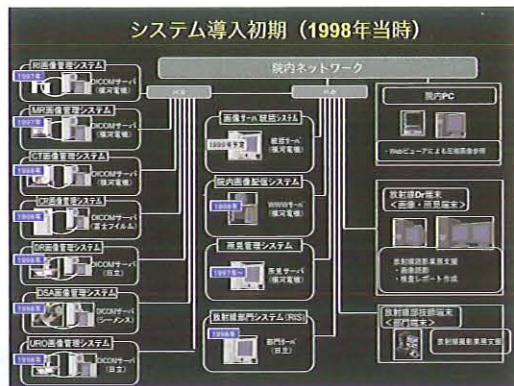


図 15

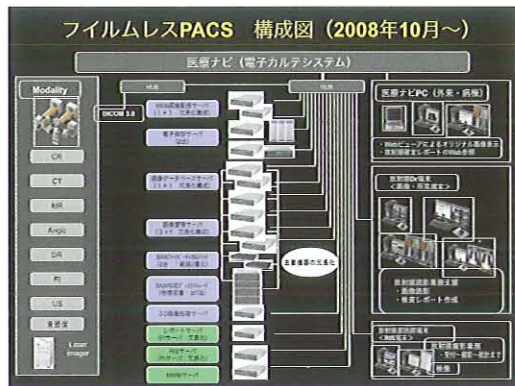


図 16

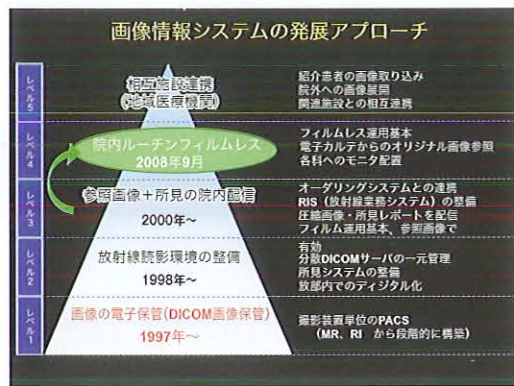


図 17

高精度放射線治療センター構想

- 1. 充実した放射線治療スタッフ
 - 放射線腫瘍医 10名
 - 医学物理士 4名
 - 放射線治療専門技師 10名
 - 放射線治療専門看護師 10名
- 2. 高精度放射線治療の可能な設備
 - 陽子線治療装置 1台
 - 画像誘導照射装置 1台
 - 高精度リニアック 5台
 - CT-PETシミュレータ 1台
 - 三次元治療計画装置 10台
- 3. 広島県がん拠点病院とのアクセス

図 18

IV. 放射線治療分野

小山豪初代教授の英断により放射線科を診断と治療に分けて30年を越える。宮崎先生以下歴代の助教授が治療部門を担ってこられたが、欧米先進諸国では画像診断学と放射線腫瘍学とは異なる学問領域として存在し、放射線によるがん治療は手術療法、化学療法と並ぶがんの三大治療法の一つとして進歩している。

幸いにも大学がグローバル COE の獲得を目指し、また「がん対策基本法」に基づく「がん対策基本計画」ではがん治療を専門的に行う教育・研究施設の設置が求められるという追い風もあり、平成19年度に永年の悲願であった放射線治療部が附属病院に誕生した。同年に鳥取・島根・広島の大大学による「銀の道がんプロフェッショナル養成プラン」が選定されたが、これは中国地方でのがん専門職の養成と中山間地域におけるがん医療の均てん化を目的としたもので、その選定時の指摘事項として「放射線治療専門医を養成すること」と「放射線治療に特化した教育研究組織を整備すること」について改善が求められた。

また、広島大学の長期ビジョンで「特色ある先端医科学・高度先進医療の展開」が盛り込まれたことにもより、平成21年4月から放射線治療部が放射線ゲノム医科学講座としてスタートすることになった。

ところで広島県内の放射線治療の現状をみると治療患者数の増加に比し各施設の治療装置数が少なく、永田教授は高精度放射線治療センター構想を進めようとしている。4月4日の新聞報道で発表される予定であるが、粒子線治療装置も含まれる（図18）。

この構想が実現することを祈り講演を終えたい。これまで私を支えてくれた教室員および教室・部を支えてくださった霞キャンパスの先生方に感謝いたします。

今後とも放射線医学講座（画像診断医学講座、放射線ゲノム医科学講座）、放射線部に対し、ご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。