

座長集約
シンポジウム②

放射線技術～現在・過去・未来～

さいたま赤十字病院

尾形 智幸

現在の放射線技術は急速にデジタル化が進み、アナログからデジタルへ、フィルムからモニター診断へ移行している。シンポジウム②では撮影装置の変遷から撮影技術に至るまで一般・DR、消化管、CT、MRI、について各シンポジストに発表していただいた。

一般撮影・DRは、X線装置の技術的進歩、特にインバータ装置の原理から特徴・精度管理までを含めた話であり、受像系ではフィルム／スクリーンからCR、FPDへの変遷や検査のワークフローの変化、アナログとデジタルでの線質の影響や撮影線量の変化について話があり、デジタル化による施設間の撮影線量の差が大きくなったなどの話があり、新しい技術としての今後の取り組みとしてEI値による管理やグリッドレス画像処理、体動検出など、被ばく線量に大きく関わり、我々が注意していかなければならない興味深い話であった。

消化管については、透視像観察のためのツールとして、蛍光版に始まりX線蛍光輝度増倍管から、CCDカメラ、FPDへと変化していく。これに伴い透視装置もアンダーチューブ・オーバーチューブからCアーム装置となり、アンダー・オーバーのどちらからでもアプローチが可能となり検査の幅が広がった。また被ばくの影響ひとつをとっても一度習得した技術にあぐらをかいていては、今後は対応していけなくなることを痛感する思いである。

CTでは、X線CTの基礎・原理・歴史・変遷に始まり、CT進化の過程と問題点として、コンベンショナル→ヘリカル→マルチスライスへと大きく変化してきた。これにより検査方法撮影時間の短縮により多くの造影剤で撮影することが可能となった。また高精度な3D画像の構築やこれを

利用した高精度治療分野への応用などが行える。

今後は新たな技術として、マルチエネルギーCTやフォトンカウンティングによる被ばく線量の減少、位相CTなど、多くの技術が待ち構えている。

MRIでは開発の歴史に始まり、実用化への取り組みや、撮像の高速化の原理、高磁場化によるメリット・デメリットが話された。

医療画像装置の中では比較的新しい装置であり、古い人には原理を聞くだけで頭が痛くなるような機器である。それだけにハードウェアのみでなくソフトウェアの発展がめざましい分野であり、今後の開発・発展が楽しみな機器である。

今回の大会テーマ「温故知新」に沿って本シンポジウムテーマ「放射線技術～現在・過去・未来～」が行われた。

今も昔も未来も我々が取り扱う診断機器は使い方を間違えば、被検者に悪影響を及ぼす諸刃の刃である。これらを有効に使いこなしていくためにも、めまぐるしく進歩していく医療機器に対して先輩達が若い後輩に教えるだけでなく、若い人達や他部門からも多くを学び、柔軟な考えを持ちお互いに切磋琢磨し、患者のことを第一に考え、新技術に向けてがんばって努力していかななくてはならないと感じたシンポジウムであった。

シンポジウム②

放射線技術～現在・過去・未来～
～ DR ～

埼玉県済生会川口総合病院
土田 拓治

1. はじめに

一般撮影を中心とした画像診断環境は、ほぼ、アナログからデジタルに置き変わってきた。この背景には、医療産業におけるステークスホルダーによるところが大きく、またデジタルにおける医療保険点数の改正も要因と考えられる。デジタル化に伴う恩恵は非常に大きい、同時に医療被ばく低減という点について、世界的に問題になっている事は、事実である。

今回は、装置の変遷を知る事で、先人の知識・技術より、現在・未来への問題点について考えていきたい。

2. 一般撮影装置の変遷

1895年にレントゲンがX線を発見してから、僅か3年後には国内にX線装置が搬入され、その3年後には島津製作所が、蓄電池と感応コイルを用いた国産X線装置を開発。その後、交流を直流に変換する整流器を利用したX線装置が開発され、電源も単相から3相と高出力が得られるようになってきた。現在主流となっているインバータ装置を作成するまでに約80年で作り上げている。我が国の技術力の高さが伺える(表1)。

年代	X線発生装置
1895	W.G. Röntgen: X線の発見
1898	芳賀栄次郎 陸軍軍医学校に最初のX線装置を設置
1909	国産X線装置設置(蓄電池・感応コイル式)(島津)
1918	交流変圧器式全波整流X線装置(島津)
1929	三相のビーク装置を完成(島津)
1935	国産コンデンサ式装置開発(東京電気)
1964	三相2パルスX線高電圧装置
1982	インバータ方式X線装置の実用化

表1: X線発生装置の変遷

インバータは安定した管電圧を得られるわけで、電源事情の影響を受けないとされているが、性能の悪いインバータではリプルが大きい、低エネルギー成分を含む不安定なX線出力となり、被ばく面にも影響が出てくるので、装置の精度管理は重要である。

3. アナログとデジタルの比較

アナログシステムは、スクリーンで増感された露光量に伴い、フィルムを感光し、現像処理によって画像が出来るわけで、この流れにおいて全て一枚のフィルムで行われるので、フィルムに対する最適化を行う事によって、全ての最適化が図れる事が分かる。

一方、デジタルにおいては、X線検出、画像形成、表示、保存の機能が独立しており、各々最適化を図ることが必要であり、システム全体としての最適化が困難である理由はそこにある。

アナログにおいて濃度の定義は、透過度の逆数に対数値として示されるが、この関係を示したのが特性曲線といわれる。横軸は相対露光量、縦軸に濃度、この関係を示すことで、フィルムの持っているパフォーマンスが分かる。

デジタルにおいては、ヒストグラムの形状に合わせて、濃度やコントラスト補正が可能で、アナログのような事はないが、いくらデジタルといえども限度がある事は知っておくことが重要。

4. DR化に伴う問題

前項に示したように、デジタル化は撮影線量による画質への影響が視覚的に得にくい、各施設の撮影線量にバラツキが大きいことが、懸念されている。そこで、IECでは2008年にIEC 62494-1として「単純X線撮影のデジタル画像の新たな線量指標(exposure index ;EI)が提案された。これは、既定された線質において、検出器面の入射空気カーマと出力値との関係を定義したもので、各メーカー独自の指標を統一する事が、

線量管理を容易にするというもので、現状では強制力はない。

また観察デバイスの多様化により、撮影装置自体で最適化した画像も観察媒体の状態によって、最終的な画質が異なってしまう。

DICOMでは、解決策としてGSDF; Grayscale Standard Display Function (図1)、GSPS; Grayscale Softcopy Presentation State (図2) による運用を提唱している。この定義は、撮影装置の出力値と観察媒体の表示階調の関係を統一したキャリブレーションにより、施設間格差を無くすもので、非常に有用であると考えられる。

小型化による視認性低下を補うアプリも登場し、今後販売される X 線撮影装置は、面積線量計の付加が必要となる。

DR 化に伴い医療現場に多くの恩恵をもたらしたといっても過言ではない。その反面、我々の被ばくへの意識に差がある事も学会調査からも伺える。それらを解決するためのヒントは、先人が築き上げた知識・技術を振り返ることであると考えられる。

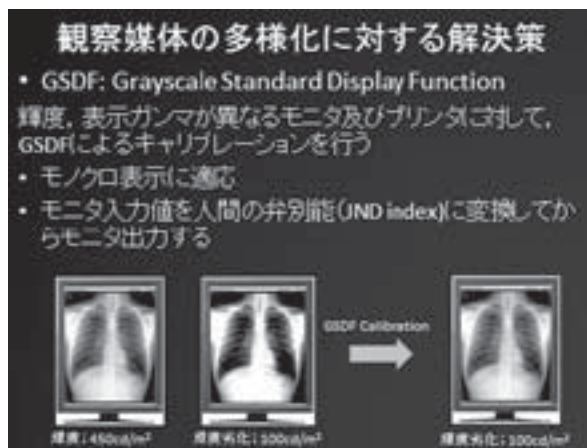


図1：GSDF（グレースケール標準表示関数）

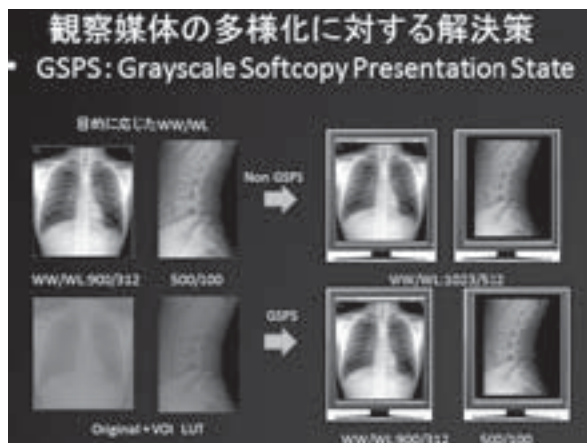


図2：GSPS

(グレースケールソフトコピー表示状態)

5. 最後に

今後の取り組みとしては、IEC や DICOM など国際標準規格の動向を見ても「被ばく低減と管理」がメインであり、グリッドレス撮影が可能なものや、体動ブレの検知により、参照モニターの

シンポジウム②

放射線技術～現在・過去・未来～
～消化管検査～

さいたま市民医療センター
今出 克利

1. はじめに

1895年にレントゲン博士がX線を発見したのち、1960年代には胃部の集団検診が開始され現在に至っている。その間、撮影装置、造影剤、撮影法は大きく変化し、画質、胃がん発見率および胃がん死亡率減少の向上に努めてきた。今回のシンポジウムのテーマは消化管検査についてで、胃X線検査における撮影装置の変遷、撮影法の歩み、胃がん検診のこれからについて述べさせていただく。

2. X線透視装置の変遷

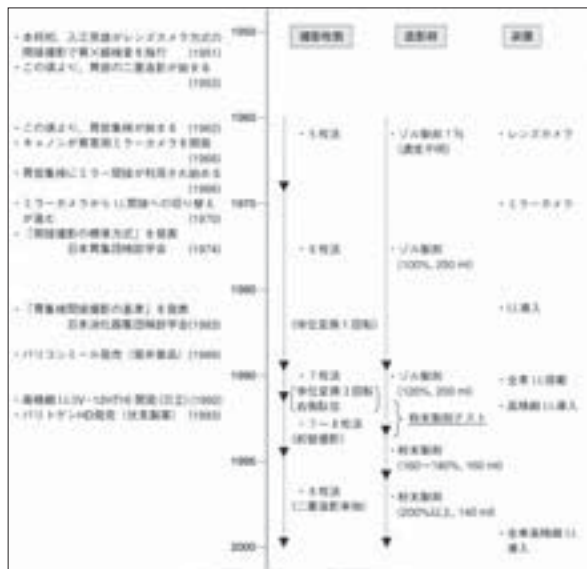


図1：装置・撮影法・造影剤の変遷

図1のように1960年に間接方式ミラーカメラが開発され集団検診が開始された。1970年代にイメージンシファイアー（以下、II）が開発され、X線検出器はII間接へと切り替わっていった。それまでは、透視像は暗室状態にして蛍光板像であったが、IIの開発によりモニターによる明室での検査が可能となり作業効率が格段に向上した。IIによる透視画像はIIと撮像管の性能により画質を決定していたが、撮像管は後にCCDカメラと変化した。1980年後半のCCDカ

メラの画素数は400K程度であったが、90年台に入り1Mが出現し、90年後半には4Mが開発された。X線検出器の発展は、2000年以降に間接変換方式の平面検出器（以下、FPD）が開発され、その後、直接変換方式のFPDも開発された。間接変換方式とはX線を文字通り蛍光体で一度光に変換し、フォトダイオードで電気信号として取り出して画像化するシステムであり、直接変換方式は、X線を直接電気信号に変換して画像化するシステムである。間接および直接変換方式のそれぞれに利点・欠点があり、これからのX線透視装置における検出器はFPDが主流になりつつある。近年の放射線画像はデジタル化が急速に進んでおり、X線透視装置においても例外ではない。デジタル化によって、パルス透視やデジタル処理を行うことで、透視線量を減少させることが可能となり、被ばく低減に寄与する。しかしながら、施設間格差がみられるようになり、今後は、ガイドラインの作成と標準化が急務となってきている。

3. 胃X線検査撮影法の歩み

撮影法の歩みは、造影剤や発泡剤の歩みでもある。1960年代に行われていた撮影は、バリウムはゾル製剤で濃度は70w/v%、使用量は200ml程度であったと思われる。（図2）

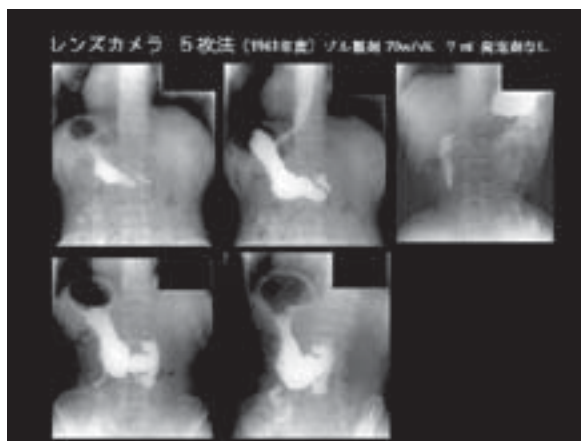


図2：レンズカメラ 5枚法 1961年

1970年よりゾル製剤で100w/v%、250ml、発泡剤2.5gを使用して6枚法で撮影していた。その内、二重造影は2枚であった。(図3)

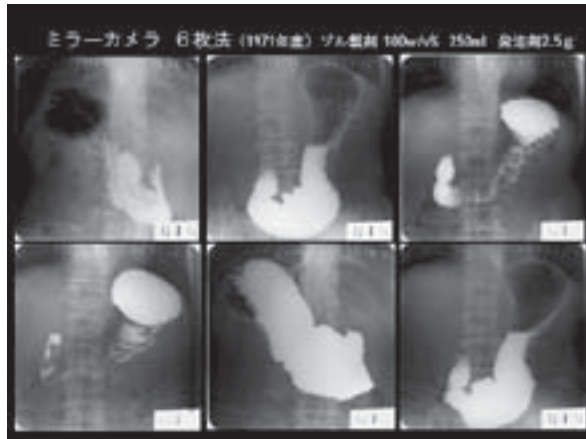


図3：ミラーカメラ 6枚法 1971年

1980年代にはII間接装置が開発され、ゾル製剤100w・v%、250ml、発泡剤3.5gを使用して6枚法で撮影しており、その内、二重造影は4枚に増えた。(図4)

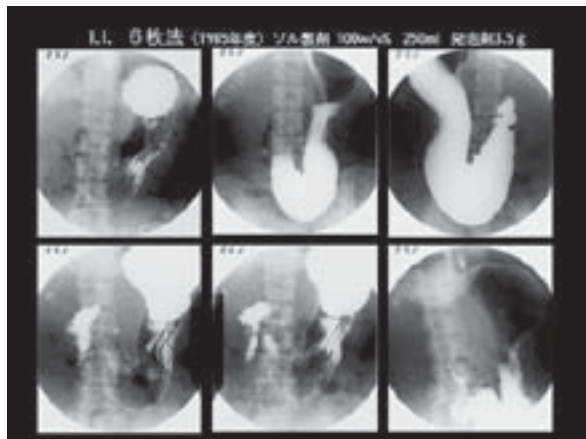


図4：II間接 6枚法 1985年

1990年代にそれまでのゾル製剤から粉末製剤に変わり、90年後半には高濃度低粘性造影剤が開発され、一気にバリウム濃度の高濃度化が進んだ。それに伴い、撮影法も変化し、胃粘膜の粘液除去およびバリウム付着向上のため右回り3回転を行う回転法を取り入れ、撮影法も二重造影単独の8枚法と変化した。現在は、基準撮影法1と基準撮影法2が主流となっており、それぞれ対策型検診と人間ドックなどの施設健診の基準となる撮影法である。(図5、図6)

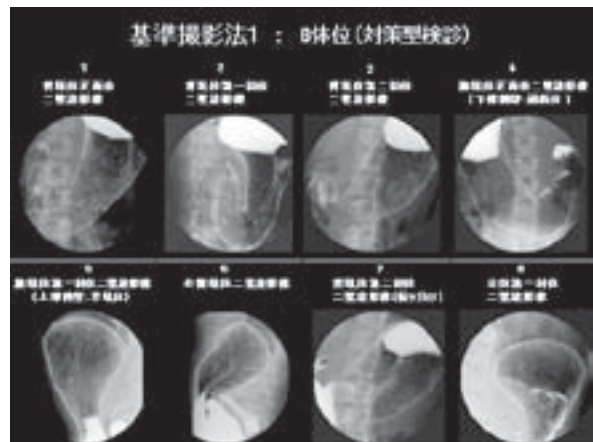


図5：基準撮影法1

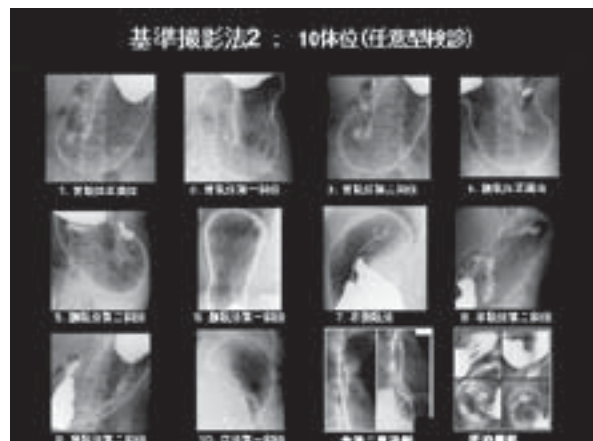


図6：基準撮影法2

4. 胃がん検診のこれから

2007年に厚生労働省が発表した有効性評価に基づく胃がん検診ガイドラインでは、胃X線検査のみが推奨グレードBとされ、エビデンスのある検診方法であったが、2014年12月にドラフト版ではありますが、ガイドラインの最新版が発表された。その中身は、エビデンスのある検診方法の中に、推奨グレードBとして内視鏡検診が盛り込まれている。

すなわち、胃X線検査と内視鏡検査の推奨グレードが同レベルとなった。胃がん検診の受診率低下が叫ばれている中、胃がん検診も胃X線検査、内視鏡検査、ABC健診、遺伝子検査など多様化してきており、これからは受診者が選択していく時代になっていくものと思われる。そのため、我々、診療放射線技師は、今まで以上に、撮影技術の向上、読影能力の強化、読影結果の管理すなわち精度管理をしっかりとこなしていかなければ、国民に選ばれる検査にはなり得ないと考える。

5. 最後に

シンポジウムで発表するにあたって、資料などご提供いただきました、

東京都予防医学協会 佐藤清二さま

(株) 島津製作所 田中修二さま

(株) 東芝メディカルシステムズ 三浦洋敬さま

以上の方々に感謝を申し上げますとともに、この場をお借りしてお礼申し上げます。

また今回いろいろな資料を探していると、(故)丸山雅和先生の文章に目が留まりました。ある書籍に対する推薦書であったのですが、非常に胸を熱くさせる内容でしたので、最後に文章を抜粋して紹介させていただきます。

上部消化管のX線検査は減びの道を歩み始めた感がある。流れを止める主体は医師ではなく、診療放射線技師である。国のシステムとして、技師が医師に代わってX線診断の担い手になるためには幾多の困難がある。

～中略～

医師はX線診断をほぼ放棄してしまった。しかし、ならば我々が、と技師達が立ち上がる兆しもない。双方ともに成り行きまかせなのである。バリウム診断は我々が引き受ける、とまず覚悟を決めよ。

～中略～

そのためには、古いしがらみをすてて団結せよ。互いの確執を捨て。若き指導者の下に結集せよ。さもなくば、技師の力などあてにならぬ。職能集団としてひとつの力となったとき、真価が判る。

～中略～

これは推薦の言葉ではなく、遺言であり、檄文である。

2002年9月、10歳若ければと嘆きつつ
(財) 早期胃癌検診協会理事長
丸山 雅一

いかがでしょうか？何か感じるものはありますか？この文章は今から十数年前に書かれたものです。

残念ながら現状は当時と対して変わりありませんし、いよいよ内視鏡検診が始まろうとしています。胃X線検査の肩身はどんどん狭くなっているように感じます。

今回シンポジウムにご参加いただいた方、また、この抄録を読んでいただいた方、胃X線検査および消化管造影検査に携わっている方にお願

いします。今回のシンポジウムをきっかけにして、消化管造影検査の将来について真剣に考えて頂き、診療放射線技師が次世代に撮影技術や読影法を継承していくことが必要だと考えておりますので、お力をお貸しいただければ幸いです。今後とも、本会および埼玉消化管撮影研究会をよろしくお願い致します。

シンポジウム②

放射線技術～現在・過去・未来～
～ CT 装置～

済生会川口総合病院
富田 博信

はじめに

本セッションでは、X線CTにおける、現在・過去・未来について、平易に解説する。

1. X線CTにおける、歴史と変遷

CT装置を開発したのはハンスフィールド氏であり、当時のハンスフィールドは英国のEMI会社の技術者であり、その中央研究所でパターン認識などの研究に携わっていた。1967年、ハンスフィールドは外部から測定したデータから物体の内部構造を知るといった研究を行っていた。CT値の単位でHU（ハンスフィールド）は、彼の名前より命名されたことはあまりにも有名なことである。

X線CTの主な開発過程は、1975年頭部用EMISキャナ Mark Iが東京女子医大に設置された。同年、第3世代CT発表、1979年G.HounsfieldとCormackがノーベル賞を受賞。1985年スリッピングCTを発表、1988年固体検出器CT開発、1989年ヘリカルスキャンが市販され、本格的なヘリカル撮影の幕開けとなった。その後、1991年サブミリメートルCTの登場し、1993年リアルタイムCT、1995年サブセコンドCT、1998年ハーフセコンドCTが相次いで発表され、ついに2000年初頭にはマルチスライスCT多列化が進み、現在に至る。

2. コンベンショナルからヘリカル、マルチスライスへ

CT装置は開発当初、1回転分のデータを収集し、バックプロジェクションにより、画像再構成をしていたがヘリカル撮影では寝台を動かしながら螺旋軌道上の投影データを連続的に収集し、撮影範囲におけるボリュームデータを持ち、ヘリカル補完再構成^{図1}により任意の断面を再構成可能とした。主なヘリカル補完再構成は当初360°補完再構成法であったが、時間分解能の向上と実効スライ

ス厚向上が期待される、180°対向ビーム補完法へと進化し、現在のマルチスライスCTにおいても、基本的に、後者のヘリカル補完法が用いられている。最近のマルチスライスCTにおいては、フェルドkamp再構成をベースとした再構成が採用されており、多列になった検出器へのコーンビームアーチファクト抑制に寄与している。

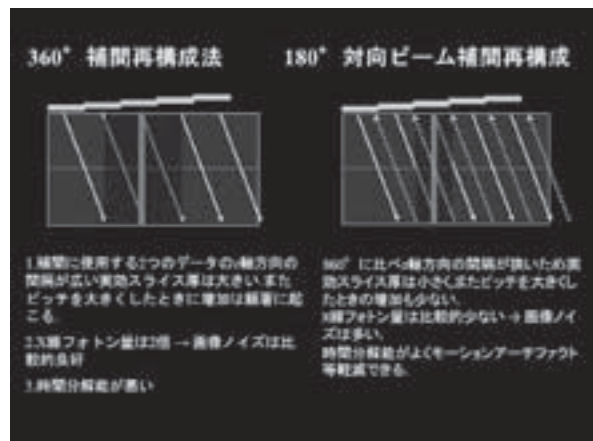


図1：ヘリカル補完再構成

3. 現在の最新装置概要

現在では、東芝社製の320列CT（面検出器）は、熟成の域に達し、検出器も更に進化し、2014年RSNAにて、GOSシンチレータの活性添加剤であるPr（プラセオジウム）の最適な化合物組成による光出力の最大化と、東芝独自の精巧な極小切断（マイクロブレード）技術による素材損傷の低減で光出力を従来の検出器から40%向上。P発光減衰時間が短くなり、高速撮影と高解像度化を可能となった。またDASは、回路の設計を見直し従来の約半分の大きさにするすることで、同社64列CTと比較して最大28%の電気ノイズ低減を実現できる。シーメンス社では、2管球装置が更なる進化を遂げ、時間分解能向上と、高速撮影可能なヘリカルピッチが選択可能となり、心血管描出能に更なるアドバンテージを得ている。特筆す

べきは、Vectron tube^{図2}が開発され、これは、最大で 1300mA の高出力が可能となり、従来の X 線管球では成しえることのできない 70kVp、80kVp における低管電圧撮影が可能となった。また、70 ~ 150kVp までの範囲で、10kVp 刻みの管電圧の設定ができ、CNR を担保し、被ばくを低減する Low kVp で撮影することで、低電圧撮影を積極的に臨床における使用を想定しているものとする。

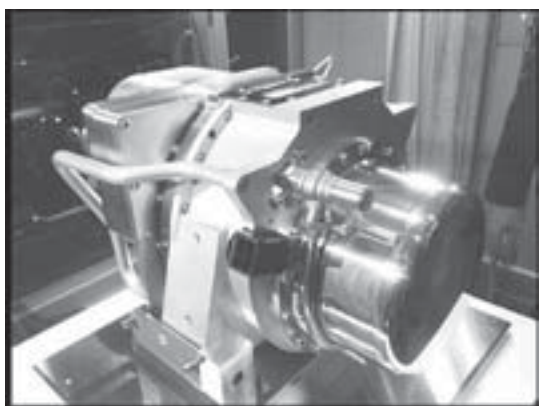


図 2 : Vectron tube

フィリップス社では、2層検出器^{図3}の開発が進み近い将来の臨床導入が期待される。これは、2013年のRSNAにてセンセーショナルに発表さ、検出器を2層構造にし、前面側で低エネルギーを、後面側で高エネルギー X 線を検出することで、Dual Energy データ収集が可能となる。すなわち、1組の管球、検出器により連続 X 線を2つのエネルギーに分離してカウントが可能であり、ルーチン撮影においても専用プロトコルを使用せずに撮影し、撮影後に Dual Energy 解析が可能である。

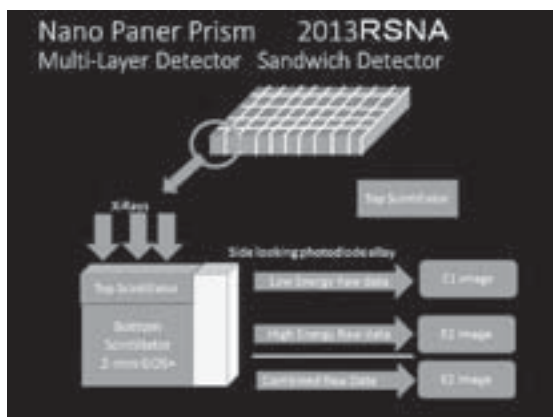


図 3 : 2層検出器 模式図

この2層検出器の登場により X 線 CT よる Dual Energy 撮影方式は各メーカーよりさまざまな方式が出そろい、大きく4つに大別できる。① Multi-Layer Detector Sandwich Detector 法は、2層検出器によりデータ収集する ② kV-Switching 法は、1つの管球の管電圧を 80kvp、140kvp に交互スイッチングして、2つのエネルギーデータを得る ③ Dual Source CT 法は、2つの X 線管球と検出器を持ちそれぞれの管球から異なったエネルギーを発生させ、それぞれの検出器にてデータを得る ④ Dual Spin 法は、1組の管球、検出器により、異なるエネルギーにて同一部位を2回撮影し、Dual Energy Imaging を取得するといった方式に大別できる。更に、2014年RSNAにおいてシーメンス社より発表された Twin Beam Dual Energy 法は、1組の X 線管球と X 線焦点で、フィルタリングを行うことで低エネルギーと高エネルギーの2つのスペクトラム（ビーム）を生成することが可能である。

4. 今後の展望とまとめ

現在は、Dual Energy 全盛であるが、今後は Multi Energy CT へ展開されることが予想される。現在造影剤はヨード剤を使用しているが、新たな造影剤が開発され臨床で使われる日も遠くは無いと考える。更には、フォトンカウンティング CT の開発も各装置メーカーでは進められ、臨床への登場もそう遠くは無い状況である。

X 線 CT が発明されてから現在まで 40 年あまりが経った。装置の進歩は目まぐるしく進み、更なる進化を遂げようとしている。我々診療放射線技師はこの技術革新に対応できるよう日々の研鑽を怠ってはならない。今後の、更なる CT の進歩を期待し、本稿のまとめとさせていただきます。

シンポジウム②

放射線技術～現在・過去・未来～
～ MRI ～

埼玉県済生会栗橋病院
栗田 幸喜

近年のMRI技術の進歩は目を見張るものがあり、装置の高速化、高性能化により多くの撮像技術が施行可能となり、それに伴い画像診断におけるMRIの役割が増加してきており、今ではX線CTと並んで画像診断のモダリティとして、なくてはならないものとなっている。

MRIは、核磁気共鳴(NMR)現象を利用して画像化する装置で装置自身もMRIと呼ばれる。放射線被ばくがなく安全に人体内部の構造を描出でき、軟部組織の画像コントラストに優れるなど多くの利点を有するが、反面、高周波磁場と変動磁場に規制され吸引事故が多いのも事実である。現在、国内で6,895台、埼玉県では282台が稼働している(2014年現在)。

今回のシンポジウムではMRIの歴史を概観しながら話題を絞って高速化の流れと、ここ10年の最大の話題である高磁場化について話した。

1. MRIの歴史

「技術の本質を理解するための近道は、その技術が発展してきた経緯を振り返ることである。」とも言われているように、最初にMRIの技術が発展してきた経緯を振り返ることで発展を続けるMRIの今後の動向の参考にしていきたい。まず、レントゲンの発見で外から体を傷つけずに見えるようになった。またCTの登場は、レントゲン写真のように平面ではなく3次元でいろいろな角度から見たい!という要望を実現。これはMRIも同様である。さてMRIの主要論文数を背景に歴史を見ていくと、NMRという言葉が使われるようになったのは1940年代前後のようである。そして1946年、BlochとPurcellによってMRの信号の検出に成功している。Hahnのスピンエコーのコンセプトは1950年の彼の論文で解説されており、180°リフォーカシングパルスの利点を指摘したCarrとPurcellによってさらに発展した。その後、NMR信号から画像を作ることは困難を極め、1973年になってようやく核磁気共鳴

の原理を利用して画像を作る方法がLauterbur博士によって発表された。またMansfield博士によって1977年に既にEPIが発表されており、その功績により、2人は2003年にノーベル賞を受賞した。1980年代になると1970年代に開発された選択励起法とフーリエ変換法を組み合わせたGRE法が開発され、またSE法に代わって一般的となる高速SE法の基礎となるRARE法が開発された。それ以降いろいろな撮像法、手法が発表されてきた。このようにMRIの歴史は高速化とともに多様化してきたといえる。これは他のモダリティと比較して多彩な組織パラメータと、これを引き出す撮像パラメータの豊富さによるもので、今後もさらに進歩発展していくことは確実にあり期待される場所でもある。

NMRの誕生から原理の確立を経て1980年代より、いよいよ実用化の時代へと突入していくわけで、日本においても1982年に第1号機が導入されMRIでの画像診断が始まった。業界も呼応し、色々なメーカーが開発・生産をし競争に勝ち残ったのは大手の医用画像機器メーカーのみであった。この時期、国産各社は常伝導装置を販売し、外国各社は主に超伝導装置を販売していた。このため盛んに比較が論じられ、また少し後には磁場強度の高い低いによる比較もあったが、結局のところ高磁場の超伝導装置の優秀性が認められ、1990年代以降オープン型MRIとの2極化に落ち着いてきた。また同時期に日本磁気共鳴医学会の前進であるNMR研究会などが結成された。

2. 高速化

MRI検査における技術革新の主役は今も昔も「より短い撮像時間を実現する」ということであり、またそのモチベーションが今日の高速撮像技術を築き上げたといっても過言ではない。そしてMRIの撮像法の原理の説明には、しばしばk空間という言葉が登場する。いったんこの考え方を理解するとMRIのさまざまな撮像法を直感的

に把握することができるようになる。

通常の空間は位置を軸としているが、k空間は空間周波数を軸とする空間になる。なぜこのような空間を使うかという、MR信号はそれ自体位置情報をもっていないし、装置も直接位置を計測する機能はない。そこで傾斜磁場を使って位置によってMR信号の周波数が変わるようにし、画像が作られる。どう画像を作るかというのは複雑なプロセスがあるが、これを分かりやすくするのがk空間という概念になる。つまりMRの画像は直接撮像することはできないので、MRI信号がフーリエ変換され波数領域の信号となりk空間に入ります。デジタル化されたk空間は空間周波数領域にあり、さまざまな波数の正余弦波を数学的に重ね合わせMR画像を作成する。言い方をかえれば、収集されたraw data生データは、いかなる撮像法の場合でも、このk空間と呼ばれるローデータマトリクスに取り込まれます。ローデータはk空間に配置され、その後フーリエ変換されて画像となる。

k空間への配置は、絶対このようにしなければならないという取り決めはなく半分でもいいし、斜めでもスパイラルでもいいので、k空間の特徴を生かしたさまざまなサンプリング方法がある。その工夫が高速化への道であり、いろいろな撮像法が開発されてきた。ただし、何事にも限界があるように撮像の高速化は、高周波による発熱作用や神経刺激など安全性の面からも問題視されるようになり限界に達してしまっただけ。

その時に登場したのがParallel Imaging:PIでした。PIが臨床に導入されると、それまでの高速化技術とくみあわせることで更なる高速化が実現され、新たな臨床応用が開かれた。

3. 高磁場化

この10年におけるMRIのトピックスは、やはり装置の高磁場化といわれている。3T装置が臨床へ導入され、1.5Tと比較し約2倍のSNRが得られることから注目が集まり頭部領域などは高い評価を得たが、体幹部領域では必ずしもそうではなかった。それはSARの上昇に伴う撮像時間の延長、パラメータ設定の自由度の低さであり、依然として関心の高いのがRF不均一による信号ムラが目立つということである。B1分布の不均一

を引き起こす要因はさまざま言われているが、最も関与しているのがRFパルスの波長で、3TのRFパルスの波長は人体に入射すると、比誘電率イプシロンの平方根に反比例しますから計算すると約27cmになる。この波長で頭部を撮像する場合は特に問題とならないが、体幹部のように大きな撮像部位では入射波と反射波が干渉しRFの強い部分と弱い部分が生まれB1分布の不均一が生じる。B1分布が不均一になると励起パルスが不揃いとなり結果的に画像の濃度ムラを発生し、部分的に過剰にRFパルスが倒れることでホットスポットが生じSARの制限による撮像時間の延長を誘因する。それを解決したのがmulti transmit技術であった。現在一般のMRI装置ではバードケージコイルを用いたquadratureタイプの送信コイルからRFが送信されている。その発信機はひとつで、スプリッターによって振幅が同じで位相が90°異なる波に分配され人体に照射される。この理想的な照射が3Tでは人体が入ると崩れ不均一を生じる。Multi Transmitでは複数のRFアンプで位相と振幅を制御し送信RFコイルへの給電を増やすことで、人体の電気的特性によるB1不均一にも対応する。つまりMulti TransmitはマルチRFアンプを用いているので、3Tの根本原因であるSARの低減と感度ムラを解決する。

またMulti Transmitの改善点は均一性だけではなく、RFパルスが均一に当たるということは設定したFAで励起されていることになり、コントラストも改善しているということになる。3T装置で体幹部撮像を可能にしたということは、これからどのように高磁場化が普及するのかわかりませんが、今後の可能性が大きく広がったといえる。

MRIの歴史を概観しつつ話を進めてきたが、今後どのような有用な成果が出せるか出てくるのか否かは私にはわからない。いろいろな工夫された撮像法なり手法がでてくることは間違いない。もしかしたら、それは皆さんのアイデアかもしれません。

最後に日本放射線技術学会誌における全論文数、MRI論文数およびその割合の推移のデータを示しましたが、皆さんも是非そのアイデアを発表し、論文にしてください。数年後、ノーベル賞候補に挙がっているかもしれません。