

4. まとめ

血管造影検査(循環器領域を除く)におけるデジタル画像の有用性について述べた。

血管造影検査におけるデジタル化(デジタル透視, DSA画像)は, IVR, 診断の支援となる。

IVR目的の血管造影検査においては, 従来のscreen/filmシステムは必要ない。デジタル画像の有用性は, リアルタイム性, コントラスト分解能の良さ, 検

査時間の短縮などによる低侵襲的な検査が可能になる点に最大の利点がある。

撮影においてはフィルムを使用していないが, 患者への説明, カンファレンスや手術中の参照画像にフィルムを使用している。しかし, 近い将来PACSの構築ができるようになれば, 完全なフィルムレスも実現できるものと思う。

参考文献

- 1) 山田金市, 加賀勇治, 江口陽一, 他: DSAにおけるプログラム撮影とハレーション改善について. 日放技学誌, 47(7), 936-942, (1991).
- 2) 細矢貴亮: Digital Angiographyの臨床への適応と限界. 日放技学誌, 49(6), 840-844, (1993).
- 3) 佐古正雄: 血管造影の臨床一特に腹部領域における診断的意義と適応について. 日放技学誌, 46(9), 1544-1549, (1990).
- 4) 橋本 統, 平松京一: Digital Radiographyの動向ー臨床医のための最新情報ーDSAはフィルム血管撮影に代わりうるか? 画像診断, 10(10), 54-60, (1990).
- 5) 江口陽一: IVRに必要なX線透視装置の性能. 日放技学誌, 52(6), 780-782, (1996).
- 6) Pavlicek W, Weinstein MA, Modic MT, et al.: Patient doses during digital subtraction angiography of carotid arteries: comparison with conventional angiography. Radiology, 145, 683-685, (1982).
- 7) Hynes DM, Gershater R, Edmonds EW, et al.: Radiation Dose Implication of Digital Angiographic System. AJR. 143, 307-312, (1984).
- 8) 淀野 啓, 横山佳明, 篠崎達也, 他: Digital Subtraction Angiography (DSA)の被曝線量について. 日本医放会誌, 45(3), 525-530, (1985).
- 9) 多賀谷靖, 高橋順士, 菅野由紀雄, 他: デジタルアンギオの画質向上(第5報画像ノイズの評価). 日放技学誌, 49(8), 1477, (1993).
- 10) 菅野由紀雄, 遠藤吉宗, 多賀谷靖, 他: デジタル血管撮影の画質向上. 東芝メディカルレビュー, 51, (1994).

図表の説明

- Fig. 1 血管撮影装置の構成.
 Fig. 2 当施設におけるIVRと診断の透視時間の割合.
 Fig. 3 0.016インチガイドワイヤの透視画像.
 Fig. 4 IA-DSAによる固有肝動脈造影(肝細胞癌の症例で腫瘍濃染像を認める).
 Fig. 5 IV-DSAによる総腸骨動脈造影(Y字人工血管置換術後).
 Fig. 6 右肝動脈内の出血.
 a: 出血像
 b: 塞栓後
 Fig. 7 腸管の蠕動によるmisregistration artifact.
 Fig. 8 トータルノイズとI.I.入射線量.

- Table 1 仕様.
 Table 2 当施設でのIVRと診断の件数.
 Table 3 透視画像の解像度.
 Table 4 透視線量.
 Table 5 肝疾患における造影剤の注入条件.
 Table 6 DSA画像の解像度.

3. 消化管撮影領域におけるデジタル画像の有用性

Symposium

松本 貴
大阪大学医学部附属病院

1. はじめに

画像診断領域にデジタル画像が最初に登場したのは1972年のX線CTであった¹⁾。その後, 1979年のMRI (magnetic resonance imaging)装置, 1980年のDF/DSA

(digital fluorography/digital subtraction angiography), 1982年のFCR (Fuji computed radiography)と新しい装置が開発され, 1992年に開発されたI.I.-DR (image intensifier-digital radiography)装置が最も新しいもの

であろう。

消化管撮影領域のデジタル化は、FCR装置の発売と同時に、1984年のX線フィルム/イメージングプレート(IP)併用型透視撮影台の開発によって本格化した²⁾。現在、国内で約420台のCR対応X線TV装置が納入され使用されているが、近年納入台数は鈍化傾向である。画質的にはscreen/filmシステムと同等であるにもかかわらず、IPの収納枚数、処理能力、省力化等で多くの課題を抱えているためであろう。

一方、高精細I.I.から直接デジタル化して画像化するI.I.-DR装置は、CR装置の抱える課題をクリアして着実に納入実績を伸ばし、国内で約300台、簡易型を含めると330台となっている。I.I.-DR装置は、リアルタイムで画像の良否が確認でき、被曝線量の低減、画像の定量解析、画像処理による画質改善、画像の保管・通信・複製等の優れた特長を有している。

しかし、現実にはDR画像装置単独での検査は実施されずX線フィルムとの併用が大半である。その原因は、解像力不足、視野が円形、大口径I.I.の持つ輝度ムラ、歪み等に起因するものと思われる。

今回のシンポジウムでは、大阪大学病院がI.I.-DR装置を消化管撮影領域に導入した経緯、現状の装置の特長、導入後これまで行ってきた装置・ソフトの改良、また現在消化管撮影領域で求められる装置の性能、そして装置の将来像について若干の私見を交えて述べてみたい。

2. デジタル画像装置導入の経緯

大阪大学医学部附属病院は施設の狭小化と次世代の医療への対応のため、1978年吹田地区への移転を決議した。その後、インテリジェントホスピタル化を基本構想として施設の規模、設備の決定、導入装置の選定を行い、1993年9月に移転を完了した。移転の基本構想であるインテリジェントホスピタル化とは、病院情報システム(hospital information system)と放射線情報システム(radiological information system)をネットワーク化させ有機的に活用し、依頼情報や会計情報、処方箋等のペーパーレス化、放射線画像を各診療科に電子情報として転送しCRTモニタで読影³⁾するPACS(picture archiving and communication system)化構想である⁴⁾。

そこで放射線部すべてのデジタル画像化が決定し、1992年導入装置の選定作業が行われ、一般撮影系にはFCR装置、透視撮影領域にはI.I.-DR装置、IVR血管造影領域ではDF/DSAの導入が決定した。しかし残念ながら、一部(cine filmとmammography)ではX線フィルムの画像(アナログ画像)が残った。

このような基本構想で消化管撮影および透視撮影領

域のデジタル化が推進された。

3. デジタル化の効用と注意点

従来のscreen/filmシステムを用いたX線TV装置から、デジタル画像装置に変更した場合どのような利点があるのか、また気を付けなければならない注意点について考えてみた。

3-1 デジタル化の効用

3-1-1 診断効率の向上

screen/filmシステムのX線TV装置の場合、画像を得るには暗室作業と現像処理を行うことで初めて画像の良否が分かる。しかし、デジタル装置は画像の判定が検査時、撮影ごとにできるため、条件不良、被検者の体動等による不良画像の発生を抑え、診断に必要な画像を確実に撮影できる。画像処理によって条件の過不足の画像に対して改善処理が可能で、検査終了時にも撮影された画像が記録されたことが確認できるためフィルム使用時のように現像不良による画像の消失を防ぐことができる。

3-1-2 X線被曝の低減

原則的にデジタル画像装置にはscreen/filmシステムのようなシステム感度が存在しないため、高感度I.I.、TVカメラの感度、アイリス径の調整で低線量での撮影も可能で被曝線量を低減できる。

3-1-3 画像管理効率の向上

撮影された画像は検査中に5インチ光磁気ディスク、または光ディスクに書き込みが可能で、PACSで読影診断を行えばフィルム整理の作業が不要で画像管理効率が向上し、画質の劣化、画像の散逸が防止できる。

3-1-4 画像保管スペースの削減

画像をデジタル保管⁵⁾することで、保管スペースの削減が可能で、また光磁気ディスクは画像データの消去、書き換え自由なため保管期間終了後は再利用ができランニングコストの低減も可能である。

3-1-5 PACSへの対応

院内LANで診察室のCRTモニタに画像を表示したり、デジタル通信網が整備されたときteleradiology等による遠隔地医療、地域医療への応用が可能である。

3-2 デジタル画像の注意点

3-2-1 空間分解能の限界

X線フィルムの画像が原理的に「連続」であるのに対してデジタル化に伴う分解能の限界がある⁶⁾。またマトリクスサイズや使用するI.I.サイズによっても限界分解能が異なり、観察する対象を考慮して撮影する必要がある。

3-2-2 デジタル画像処理の過信

消化管撮影の画質の評価は、微細病変の広がり、深さ、性状をいかに忠実に表現するかということであり、ただ単に画像の濃度やコントラストの良し悪しで行うものではない。画像処理による画質改善効果のみにたよって撮像技術、すなわち散乱線の影響を考慮しないX線撮影条件で撮影したり、胃粘膜へのバリウム付着不良の未熟な造影手技での撮影等基本的な技術が軽視される危険性がある。

3-2-3 データの互換性

画像データ記録フォーマット、記録媒体が多岐にわたり病院全体の統合性が取りづらく、読影装置への入力インターフェースが複雑である。現在徐々に共通規格、DICOM対応等で解消しつつあるが考慮しなければならない点である。

3-2-4 システム管理、画像管理

高精細I.I.やTVカメラ等の周辺機器は徐々に輝度や性能が劣化する。screen/filmシステムやFCRを用いたX線TV装置と違い、I.I.蛍光面の画像を直接画像化するI.I.-DRシステムは、画質を維持するための日常管理が重要である。また画像データが通常見えない状態で保存されているため、患者ID、記録メディア等の管理をシステム化しておかなければならない。そして記録メディアが大容量化すればするほど、メディア1枚の紛失破損が大量のデータを紛失する危険性があり、バックアップ保存も考慮する必要がある。

以上のようなデジタル化の効用を生かし、また欠点や注意点を考慮して装置やシステムを選択し運用しなければならない。

4. デジタル画像装置の特長

新病院移転の基本構想であるインテリジェントホスピタル化で放射線部門に課せられた終局の課題は依頼

情報や会計情報の電子化、画像の読影、保管等をPACSで運用することである。そのためにX線フィルムをデジタイズするのではなく、直接デジタル化するFCR装置とI.I.-DR装置の性能比較を行った。

4-1 FCR装置

1984年に開発されたX線フィルム/イメージングプレート併用型透視撮影台は(Fig.1)、約420台納入され使用されている。解像力ではscreen/filmシステムを用いたX線TV装置より劣るものの⁷⁾、階調処理、周波数処理等の画像処理を行うことで、従来のX線TVでは困難であった、造影法に応じた最適のコントラスト設定⁸⁾することが可能で、画質的にはscreen/filmシステムと同等であろう。しかし、装置の改良は多少行なわれたが開発当時の問題を引きずったままで、IPの装填に時間がかかる、IP搬送時に起きるIP詰まり、それに伴うIPのキズ等のトラブルは現在も多々見受けられる。また検査効率を考えたときIPの収納枚数が少ないため、P交換を頻繁に行わなければならない、従来のX線TVに比べて暗室作業はなくなったものの撮影済みIPを読取機で処理しなければならず省力化はなされていない、撮影済みIPの読取処理後CRTモニタでの観察は可能であるが、レーザプリンタによる画像出力に時間がかかる、画像サイズが縮小される、等多くの課題を抱えている。

4-2 I.I.-DR装置

I.I.-DR装置の原型は、1980年頃から登場したDF装置やDSA装置である⁹⁾。当時のコンピュータの処理能力を含めたデジタル技術ではマトリクスサイズが512×512、1024×1024であり、screen/filmシステムの空間分解能よりも劣っているために血管造影領域以外への適応は困難であった。しかし、デジタル技術の向上、高感度・高精細I.I.、高分解能TVカメラ等周辺機器の性能向上によって一般撮影領域に適応可能な性能を有するようになった。

I.I.-DR装置(Fig.2, 3)の特長は、I.I.二次蛍光面の画像を直接デジタル化するシステムのため画像を瞬時に表示することが可能で、画像の良否の判定が検査時、撮影ごとにできるため、条件不良、被検者の体動等による不良画像の発生を抑え、有所見時の追加撮影等が容易である。高感度I.I.、大口径レンズの採用でscreen/filmシステムの1/2~1/5の線量で撮影が可能で被曝線量の低減が図れる。デジタル技術により、window/levelの変換、ガンマカーブの変換、拡大表示、空間フィルタ処理、距離測定等によって画像の定量解析、画質改善が可能で診断効率の向上に貢献する。電子化されて記録保管された画像情報は小規模の収納ス

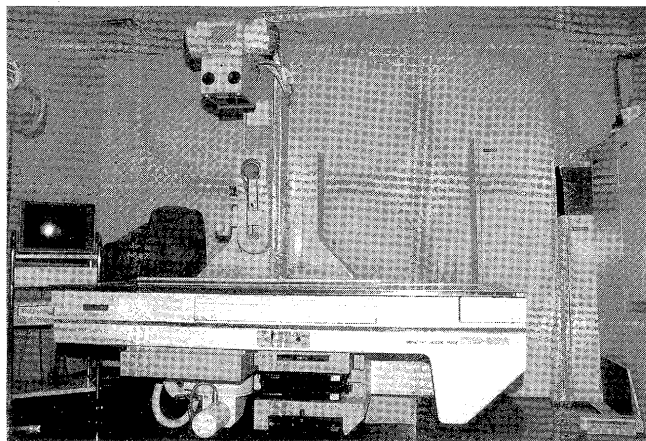


Fig. 1 当院に設置された(株)東芝製、増感紙/フィルム、イメージングプレート(IP)併用型透視撮影装置(断層撮影も可能)。

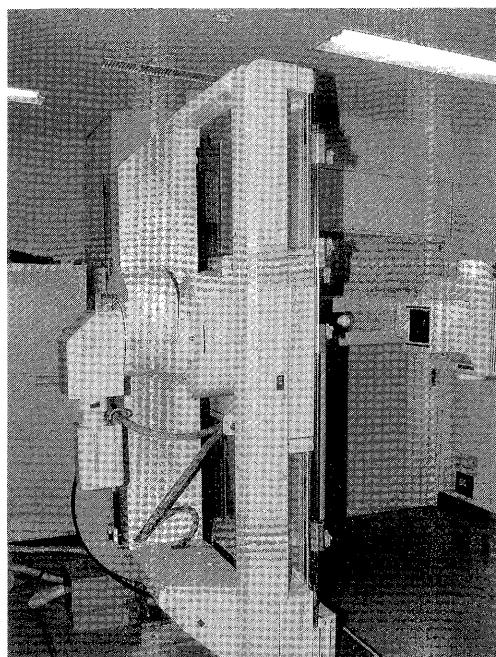


Fig. 2 当院に設置された16inch大口径I.I.と2048×2048 matrix, 12bit読み取りの高精細画像が特長の(株)日立製, I.I.-DR専用透視撮影装置(DR-2000H).

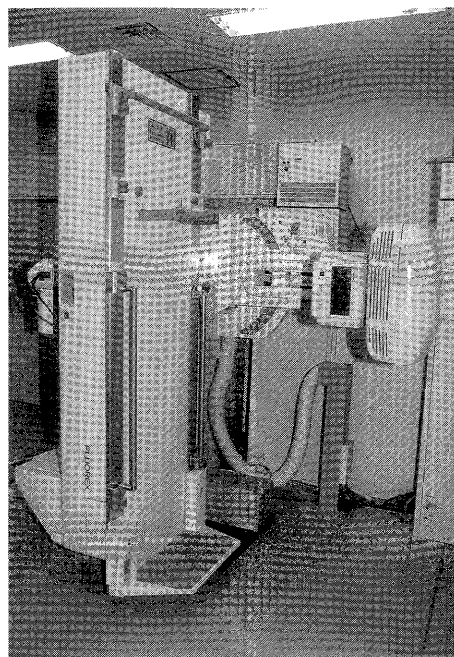


Fig. 3 当院に設置された14inchメタルI.I.と100万画素CCD TVカメラの組み合わせによる高精細画像が特長の(株)東芝製, I.I.-DR専用透視撮影装置(DDX-1000A).

ペースで保管でき、画質劣化のない高品質の複製画像を作成することが可能である、等の特長を列举できる。

このように多くのメリットがある半面, I.I.-DR装置の短所もみえてきた。空間分解能に関しては¹⁰⁾, 同一視野サイズのscreen/filmシステムに比べ解像力が劣る(Table)。読影診断に関して, 選択した視野サイズの違いで縮小画像であったり拡大画像であったりするため, 実際の大きさが分かりづらく, 病態の把握, 判定が難しい。視野サイズによっては撮影面積が狭いとか画像が円形である等の不満をよく耳にする。その他, I.I.やTVカメラの輝度劣化(Fig.4), 大口径I.I.の持つ輝度ムラ(蛍光体の塗布ムラ, 中心部と周辺部の輝度ムラ), 画像歪みによる中心部と周辺部の画質の違い等問題点は多々あり, I.I.を使用する限り解消できないものなのかもしれない。

上記の特長を総合的に判断して, われわれは解像力に不満は残るものの, リアルタイムで画像が得られる, 暗室作業の手間がなく省力化が図れる, 新しい装置で今後の発展が見込める, 等の理由でI.I.-DR装置をデジタル化装置として選定し導入した。

5. I.I.-DR装置の改良

I.I.-DR装置が設置され臨床使用するに従い, 様々な不具合がでてきた。それまでI.I.-DR装置はscreen/filmシステムとの併用型で, 画像はX線フィルムでの撮影が主で, I.I.-DRの画像は補助的にCRTで観察する程度で, I.I.-DR装置単独で撮影し画像をレーザプリンタで

Table 解像力特性の比較(限界解像力)

		マトリクスサイズ	
		1024×1024	2048×2048
I.I.-DR装置	12 inch	1.88	2.58
	9 inch	2.58	3.19
	7 inch	2.87	3.93
FCR		—	3.54
Screen/film		—	3.92

単位: cycles/mm

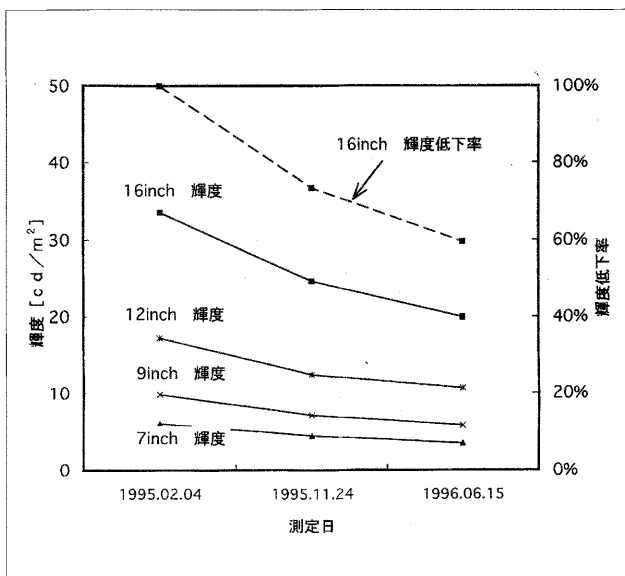


Fig. 4 経年変化によるI.I.輝度低下を示す。

出力し読影するといった本格的な臨床使用は行われていなかった。当初の計画ではCRT読影で進んでいたが、PACS化の見通しがたたなかったので急速レーザプリンタで出力し読影する方式に変更したために、画像出力方法の見直し、分割撮影の追加といった改良や変更を行い装置の完成度を高めていった。以下、おもな改善項目について列挙した。

5-1 自動階調処理パラメータの検討

画像を最適な濃度とコントラストにするためにauto window/level機能で画像処理を行うが、バリウムの白さは表現できたが腸管ガスを直接X線と認識して誤動作するアルゴリズムの見直しや、変更に伴うパラメータの検討を行い従来のscreen/filmシステムの画像と同質で違和感のない画像が得られるように調整した。

5-2 index画像表示と画像出力方法の見直し

撮影した画像をCRTモニタに16分割画像を表示し、マウスで選択した画像を選択順にプリントアウトし、同時に1枚のフィルムに何コマ焼きするかまで選択できるようなソフトを新たに組み込んだ。

5-3 患者IDの訂正機能

患者IDを変えないで撮影したり誤って選択したとき、画像は間違った患者氏名でプリントアウトされてしまう。そのような場合、画像ファイルを患者別に分離して、正しい患者氏名に訂正するソフトを新たに提案して組み込んだ。

5-4 不良画像の消去機能

撮影した画像の良否はリアルタイムにCRTモニタで確認ができる。当初は呼吸停止不良や体動によって生じた不良画像であってもデータの改ざんになるという理由で消去することができなかった。しかしハードディスク、フィルム、MOD等に無駄に保存するだけなので画像の消去機能を簡単な操作で行えるようにした。

5-5 表示スケールの附加

選択したI.I.視野サイズの違いで縮小画像であったり、拡大画像であったりして実際の大きさが分かりづらく、またフィルムに何コマ焼きするかによっても大きさが変わる。そこで、I.I.視野サイズ、幾何学的拡大を考慮して距離計測用にスケールをフィルムに焼き付けて出力するようにした。

5-6 歪み補正処理機能

14インチないし16インチの広い視野で撮影した場合、中心部と画像周辺部では幾何学的な拡大とI.I.固

有の歪みによって歪んだ画像となる。補正処理後の画像は縮小画像となるがソフト的に処理を行う機能を新たに開発させた。

5-7 分割撮影モードの追加

I.I.-DR装置は視野が円形なので実際は約80%しかデジタルデータが有効利用されていない。2分割撮影、4分割撮影を復活させることで、従来の撮影手順はそのまま、かつ画像数を削減でき保存データの圧縮にもなるので分割撮影モードを追加した。

5-8 造影法に対応した処理パラメータの設定

上部消化管では、4種類の影法を組み合わせで撮影を行うが、それぞれの造影法によって濃度レベルやコントラストが微妙に違う。そこで、数種類の画像処理パラメータを造影法ごとに簡単に選択でき、目的にあった画像が得られるような撮影モードを設定した。

以上のような改良や変更によってほぼ満足できるレベルになってきたが、さらなる改良が必要であろう。

6. I.I.-DR装置の将来展望

消化管撮影領域で求められる撮影装置は、今後も胃小区やfine networkパターンの微細な変化や、粘膜の淡い凹凸を忠実に表現できるシステムであろう。そのためには、screen/filmシステムの高解像力、デジタル画像の高濃度分解能、という両者の特長を併せもつ撮影装置の開発が求められよう。そこで、I.I.-DR装置の将来展望として、受像素子の高性能化と画像処理装置の高速化が重要な要素であると考えている。

6-1 受像素子の高性能化

現在のI.I.技術でも高解像力化、視野の拡大、低画像歪みを可能にできるのかもしれないが、真空管技術を使用している以上限界であろう。今後はFCRのIPのような平面検出器(無結晶シリコン検出器)の実用化が期待される。平面検出器こそが高解像力化、視野の拡大、低画像歪を実現できる理想的な受像素子である。消化管撮影領域で求められる平面検出器のスペックは、視野サイズ12×14インチ以上、画素数は2048×2048以上、ピクセルサイズ100 μ m以下、濃度分解能12bit、画像集収レート30image/sec程度の性能を有したデジタル画像装置でなければ、screen/filmシステムと同等の性能とはいえない。

6-2 画像処理装置の高速化

受像素子の高性能化によって得られた画像を最適な画像処理やフィルム出力するには、高速処理やマルチ処理が可能なCPUが装備されなければならない。ま

た、PACS化を推進し本格的なCRT診断を行うには、再生および表示端末の整備とともに、画像圧縮技術や高速記録媒体が必要となってくる。

それらの技術が実現されたとき、「I.I.-DR装置を導入しても装置独自のメリットが少ない、PACS用のデジタル化装置」と言われることはなくなり、新しいモダリティとしての地位を確立できよう。

7. まとめ

I.I.-DR装置を導入した経緯、現状装置の特長、そして装置・ソフトの改良、また消化管撮影領域で求められる装置の性能、装置の将来像について私見を述べてみた。私見を述べたついでに、デジタル画像装置について日頃感じていることを述べてみたい。デジタル画像装置は、撮影条件の過不足画像に対して広範囲に対応する階調処理機能を有し、またアイリス径の調整で低線量での撮影も可能である。しかし、これらのことはデジタル化の効用と注意点で述べたような、弊害をもたらさないとはいえず、screen/filmシステム使用時と同じように撮影条件をこまめに調整しながら

撮影すべきだと考えている。つまり、われわれ放射線技師はデジタル画像装置を操作する場合、これまで以上の知識と技術が要求されるし、装置にもある種の制限が必要だと考えている。つまり、入射線量に対して広範囲に対応しない自動階調処理ソフトが必要であり、そしてデジタル画像装置にもscreen/filmシステムのようなシステム感度という概念が必要であると考えている。デジタル画像の特長を生かさず制限することになるが、最終的にはこれまでの知識と技術を生かすことで、より一層の被曝線量の低減に繋がると考えている。「線量を無駄にしない、線量に比例した画質」の得られるデジタル画像装置、I.I.-DR装置の開発をメーカーにお願いして私の提言としたい。

最後に今回のシンポジウムに際し、ご助言と貴重な資料をご提供下さった東芝メディカル(株)、(株)日立メディコ、(株)島津製作所の方々に感謝申し上げます。また講演の機会をお与え下さった加賀勇次大会長初め、学会関係者一同に感謝申し上げます。そして貴重なお時間を割いてご静聴頂いた会員各位にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 診療放射線技術(上巻): 監修 立入 弘, pp.106-116, 南光堂, 東京, (1991).
- 2) 標準放射線医学(第5版): 監修 有水 昇, pp.20-23, 医学書院, 東京, (1996).
- 3) 稲本一夫, 山下一也, 森川 薫, 他: CRT診断の可能性をさぐるー基礎的実験の報告ー. 映像情報(M), 807-811, (1985).
- 4) 中野善久, 他: 医用画像の将来を展望するデジタル画像診断システム. 新医療(9), 44-49, (1986).
- 5) 木村敏克: 画像ファイリングシステムの技術的諸課題ーMMIにAI手法を応用ー. 新医療(9), 74-77, (1986).
- 6) 臨床放射線技術実験ハンドブック(上巻): 日本放射線技術学会編, pp.261-290, 通商産業研究社, 東京, (1996).
- 7) Fujita H, et al.: Basic imaging properties of a CR system with photostimulable phosphors. Medical Physics, 16(1), 52-59, (1989).
- 8) 飛田 明, 他: FCR101システムを利用した最適階調処理とその反転画像の有用性. 映像情報(M), 821-826, (1986).
- 9) 小倉敏裕, 増田幸久, 丸山雅一, 他: I.I.-TV(2048×2048マトリクス)リアルタイムデジタルラジオグラフィ. 映像情報(M), 930-934, (1991).
- 10) 小倉敏裕, 増田幸久, 丸山雅一, 他: 高精細I.I.-DRとその臨床応用. INNERVISION, 2-7, (1992).

4. 臨床におけるDRの有用性とその将来

Symposium

大井博道
大阪大学医学部

1. はじめに

デジタルX線画像診断装置(DR装置)とは、一般テレビ透視撮影装置の透視像をデジタル信号として取り込み、必要に応じて映像信号を呼び出し、加工しプリントできるものである。撮影条件の不適による写真濃度のバラツキをなくし、診断精度を高める特徴をもつ。簡単にいえば、従来のテレビ透視画像をアナログからデジタル化し、さらに高精細化することにより透視画像を直接、診断に耐えられるまで向上させたものといえる。DR装置の特徴をTableにまとめたが、そ

の臨床的有用性についてはその特徴をうまくとらえて応用することによって生きてくるものである。フィルム法と較べてその分解能にはまだまだ進歩の余地があり、X線フィルム診断を至上の診断法とされる医師諸先生方には不要とされるのが現状である。しかしながら、フィルム法では不可能なことも可能にしたのがDRであり、その特徴を熟知し利用することにより今後のテレビ撮影装置はすべてDR装置付に替わって行くものと考ええる。