

トピックス

〔画像情報〕

循環器画像のデジタル化 ～標準化の現状と将来動向～

東芝医用機器事業部医用機器事業第一担当 藤井千歳

1. はじめに

近年、各種医用画像のデジタル化、及びデジタル保存が急速に発展、普及してきた。しかし、X線CTやMRI画像等に比べ、X線画像、特に循環器X線画像のデジタル化は遅れていた。X線フィルムと比較した画質の問題、他モダリティに比べて膨大なデータ量、及び動画像であること、等が大きな原因となっていた。これらの問題に対し、装置メーカーは自社の特長を出すべく、色々な解決方法を提案してきたが、種々の標準化が進まず各メーカー独自のものとなり、広く普及するまでには至っていなかった。しかし、ここ数年、欧米の学会が中心となり、心臓領域の画像の標準化が強く推進されており、欧米を中心にシネレス化が広まりつつある。しかしながら、広く普及するにはまだいくつかの問題を抱えており、医療施設と装置メーカーの協力による今後の発展が期待されている。

ここでは、循環器X線画像のデジタル化の歴史、標準化動向等を振り返り、今後の方向、課題等について論じたい。

2. デジタル化の歴史

一般的に、古い技術から新しい技術に移行する場合、新しい技術が古い技術の持つ問題点をいかに解決できるか、新しい技術の持つ特長をいかに発揮し、新しい付加価値を生み出すことができるか、更に時代の流れ、という要素により技術革新がおきるかどうかが決まる。循環器X線装置の場合はどうであろうか？1980年頃、DSA装置が初めて紹介されて以来、インターベンション手技の増加にも従い、デジタル化が進んできたが、必ずしも順調に進んできた訳ではない。まず、従来のフィルムシステムの持つ問題点を整理し、

デジタル化の歴史を振り返ってみる。

2. 1 フィルムシステムの問題点

X線フィルムの持つ問題点は、

- (1) 即時性がない
- (2) 画像処理が施せない
- (3) コピーを作成すると画像劣化する
- (4) 安定した画質を得るには、現像機等の日常管理が必須
- (5) 保管、検索等の管理はすべて人手等が考えられるが、これらに起因し、人件費がかかること、診断フィルムの紛失、誤り等の恐れ、保管場所等、派生する問題点が数多くある。反対にフィルムシステムはいくつかの長所を持つ。
 - (1) 検査室、診察室、読影室、及び他施設でも観察可能（データ互換性あり）
 - (2) 長期保管しても劣化がない
 - (3) 検索等に人手はかかるが、目的のフィルムが見つかれば、即時に観察できる

2. 2 デジタルシステムの特長

デジタルシステムの主な特長は、

- (1) 即時性、撮影中及び撮影後、即時に画像観察可能
 - (2) 各種画像処理が可能
 - (3) オリジナル画像を劣化なしで保管可能
- 等であるが、これがどう生かされてきたであろうか？

2. 3 デジタル化への移行の問題点

循環器X線装置のデジタル化は、まず、「即時性」の要求からはじまった。侵襲的検査にとってこのインパクトは非常に大きく、他のフィルムの問題点を論ずるよりも先にデジタル化が進み、

結局デジタル化のもう一つの大きな特長である「保管」に関しては各装置メーカーばらばらのまま、デジタルシステムが広く普及してきた。フィルムによる保管の問題点をいかに解決できるか、等に関して共通の認識のもとで技術革新が行われた訳ではなく、各社の競争原理のもと、各社独自のデジタルシステムが開発されてきた。

更にCRシステムの登場、X線CTやMRI装置の普及に従い、デジタル画像が当たり前、フィルムは時代遅れ、というような時代の流れもあり、循環器X線分野に関しても、デジタルシステムの普及が優先で、その中身は後で、という風潮もあった。

2. 4 DICOM 規格

元々がデジタル画像であるX線CT等を中心

に、米国放射線学会と工業会（ACR - NEMA）では、デジタル画像の標準化から始まり、ネットワーク画像転送手順の標準化、更に記録媒体の標準化等を推進し、現在はDICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）規格 Ver 3.0として統一されている。（図1参照）

循環器X線画像に関しては、動画であるが故の難しさがあり、常に「とりあえず」の標準化しか実施されてこなかったが、DICOM規格として、ネットワーク転送手順の標準化、心臓X線造影画像のオフラインメディアの標準化が推進されている。

3. 循環器X線画像の役割と要求性能

ところで、各種医用画像は、様々な場面で色々な使われ方をする。すなわち、種々の役割を持ち、

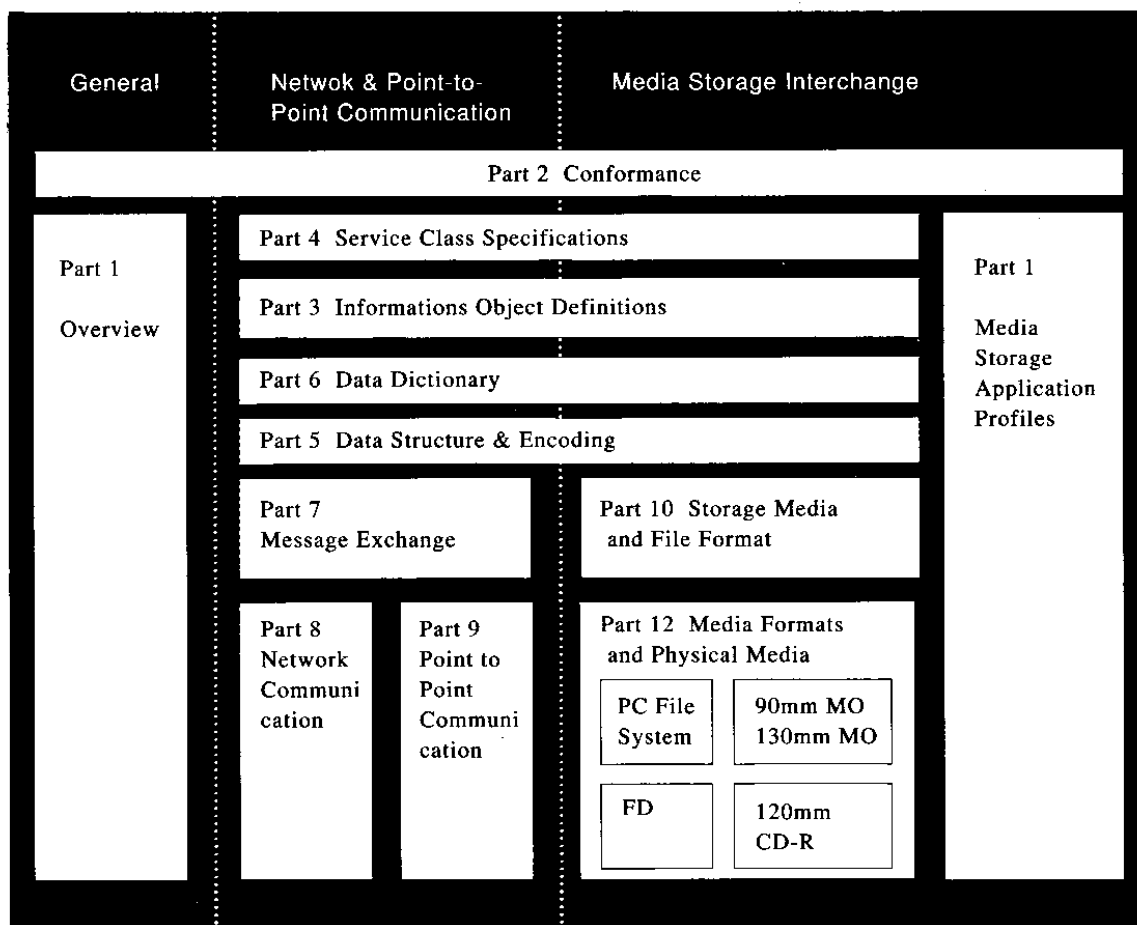


図1 DICOM規格概要
(ネットワーク、メディア、データフォーマットすべてを規定)

それぞれの役割毎に様々な性能を要求される。これらの役割を十分認識した上でそれぞれの目的に適した標準化を進めていく必要がある。循環器 X 線画像は、以下のような役割を持つ。

- (1) 画像収集
- (2) インターベンション支援
- (3) 診断
- (4) データ交換
- (5) 保管

3. 1 画像収集・インターベンション支援

まず、検査する画像が収集される。さらに各種インターベンションを支援するために使用される。

ここでは、以下の性能が要求される。

- (1) 高画質、高時間分解能
- (2) 即時画像表示
- (3) 十分な容量、速度の一時的記録メディア
- (4) 簡単な操作

3. 2 診 断

検査した画像は、検査後診断に使われる。

- (1) 高画質 (画像モニタの性能を含む)
- (2) 簡単な操作
- (3) 各種画像処理・解析機能

3. 3 データ交換

他科または他施設への画像提供、診察室等での患者説明等のため、検査画像は色々な場所へ持っていかれる。

- (1) データ互換性 (データの標準化)
- (2) 1 媒体に 1 患者分の画像を記録
- (3) 媒体コスト
- (4) 廉価な観察装置
- (5) 複製を作成しても劣化のないこと

3. 4 保 管

検査画像は最終的に長期保管される。ここで必要な主な性能は、

- (1) 長期保管 (5 ~ 10 年) しても画像の劣化がないこと
- (2) 保管スペースが小さいこと
- (3) 保管コストが小さいこと

- (4) 検索、取り出しが容易なこと (過去画像の観察が容易であること)

4. 心臓 X 線造影画像の標準化動向

4. 1 心臓 X 線造影画像標準化の現状

1995 年 3 月ニューオーリンズで開かれた ACC 学会にて、DISC'95 が発表された。1996 年 3 月にはオーランドにて DISC'96 が配布され、専用ブースにて講演、説明等が行われた。「DISC」とは「DICOM Interchange Standard for Cardiology」の略で、各施設間でのデータ交換を目的とした心臓診断造影画像の標準化である。この標準化は、ACC (米国心臓学会) が中心となり ACR - NEMA の DICOM 規格の拡張として進めてきたもので、1992 年頃より活動を開始し、1995 年の ACC 年次総会で最初の規格が規定された。表 1 に規格の概要、図 2 にファイルフォーマットの概要を示す。

この標準化を推進してきた大きな要因は、デジタル化の波である。シネフィルムを置き換えるにはどのような性能が必要であろうか？

- (1) 十分な画質を維持できること
- (2) 施設間で、データの互換性を持つこと
- (3) 長期保管しても劣化のないこと
- (4) 1 患者当たりのコストが安いこと
- (5) 廉価な観察装置が実現できること
- (6) 保管スペースが小さいこと
- (7) 複製を作成しても画質劣化がないこと

等があげられるが、現在の DICOM 標準化は、このうちの、データ互換、という役割をシネフィルム同等以上の性能で実現する、ということが大きな目的となっている。しかしながら、この規格で書かれた CD を読み出すには専用ソフトウェア、又は専用装置が必要となる。

4. 2 画像の非可逆圧縮の標準化の動き

DISC95 として、CD-R を心臓検査画像に適用する DICOM 規格がスタートしたが、実運用上、種々の問題が提起されている。その中で、CD-R の再生速度の遅さに起因した画像再生の応答速度の問題があげられており、これを解決するために、DICOM 規格に加え、圧縮率の高い非可逆圧縮に

表1 心臓用DICOM CD-R規格の概要

媒体	CD-R (120mm径) ISO9660適合
画像フォーマット	512×512×8ビット 可逆JPEG圧縮 (約1/2)
データフォーマット	DICOMDIRを使用したDICOMメディアのフォーマットに準拠 関連情報(患者情報、検査情報等)もDICOMのデータセットに準拠 バイプレーン画像は2つの画像に分けて記録
記録画像枚数	最大4,800フレーム/枚 1患者/枚が基本

よりデータ量を減らした画像を記録する方式が提案されている(一部メーカーは規格化前に製品適用し、標準化を混乱させているが)。この非可逆圧縮の規格化に際し、ACCとESCにて臨床評価(診断能の評価、原画像との詳細比較、及びQCA評価)が進められており、近い将来規格化される見通しであるが、最終診断としての画像評価は難しく、医学側の大きな決断が必要であろう。(このようなスタディに日本が参加していないのは残念である)

なお、非可逆圧縮としては、DCT(離散コサイン変換)を用いたJPEGの1/6~1/14程度が提案されている。一般の画像工学分野では、1/4程度のJPEG非可逆圧縮の場合、原画像との違い

<DICOMDIR>

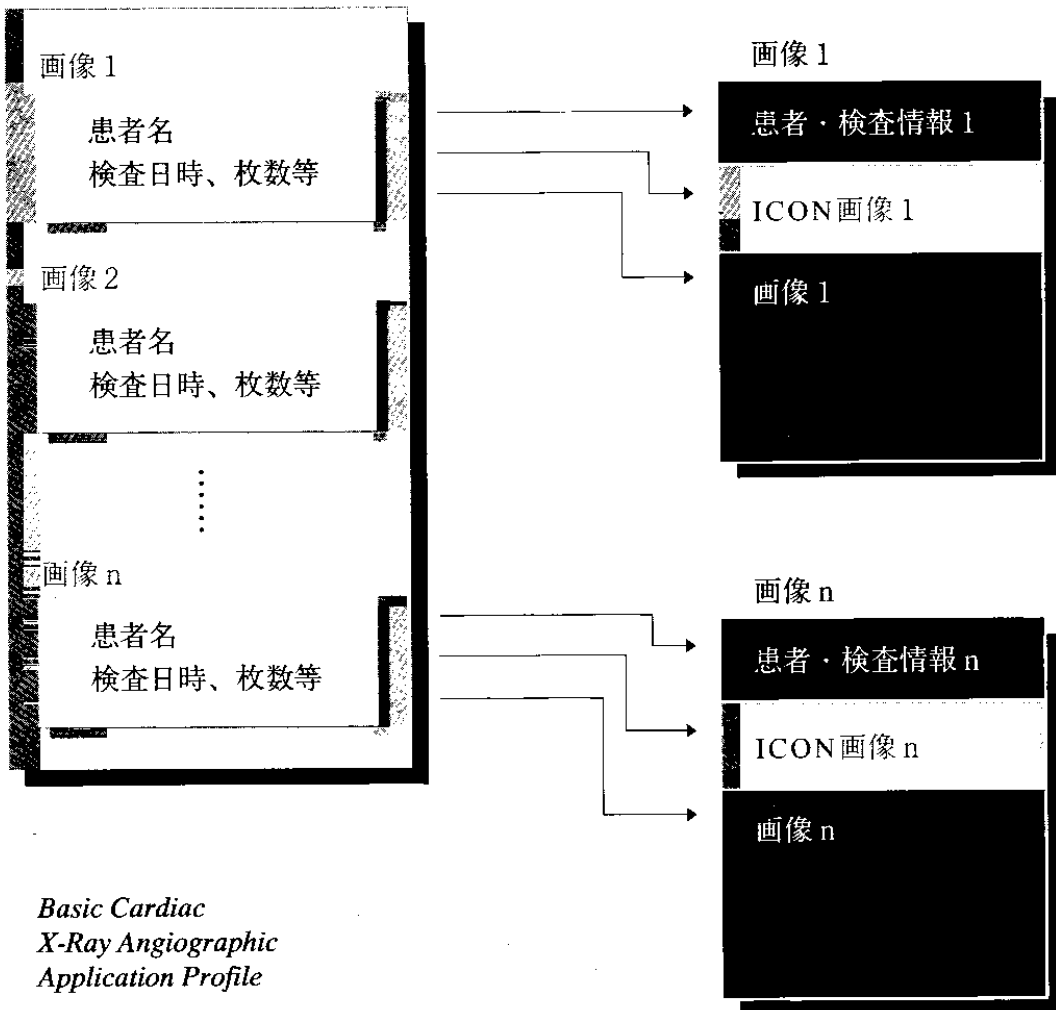


図2 心臓用DICOM CD-R規格のファイルフォーマット

はほとんど認識できない、と言われている。したがって医用画像の場合、非可逆圧縮の度合いは1/4から1/6程度にとどめておくべきであろう。

4. 3 現状の問題点と将来の動向

(1) CD-R 技術の改良

現状の DICOM 規格 CD-R の一番の問題点は、CD-R というメディアが十分な性能を備えている訳ではない、ということである。それがために一部メーカーの先走りによる標準化の足並み乱れや、普及の遅さという問題を生んでいる。問題となる性能は、記録・再生速度と容量であり、容量が増加する見込みはないが、速度に関しては日進月歩で改良されている。規格化が進められた 1994 年の段階では 4 倍速の CD-ROM ドライブが最速であったが、現在は 6 倍速が標準、8 倍速から 10 倍速のものも簡単に入手できる。これらに加え、周辺機器の性能アップに伴い、DICOM 標準の 1/2 可逆圧縮画像でも秒 15 フレームの再生は可能となるであろう。この場合、再生速度のみを考えると、非可逆圧縮画像は必要なくなる。

(2) 次世代記録媒体

現在、次世代の光ディスクとして期待されている DVD の医用応用が考えられている。1997 年末には、DVD-R (追記型 DVD)、DVD-RAM (書き込み型 DVD) が登場する見込みである。この DVD-R、DVD-RAM は 2.6GB 以上の容量 (現状 CD-R の 4 倍以上) で 1.5M バイト/秒以上の転送速度 (CD-R の 10 倍速以上) を有する見込みであり、CD-R の種々の問題を解決するメディアとして期待される。当然、DVD に関しても、DICOM 規格化を推進し、標準化をはかっていくことが最も重要であろう。

(3) オンラインシステム

DICOM 規格 CD-R は、データ交換を目的とした媒体の標準化である。これに対し、オンラインでのデータ交換、及び長期保管まで含めたデジタルシステムの要求も増えつつある。CD-R は単にシネフィルムをデジタル記録に変えただけで、保管・検索には適さない。これに対し、DICOM ネットワーク規約に基づく、ATM 等を使用した高速のオンラインデータ交換の標準化が進められ

ている。画像データの管理をオンライン化することにより、人手による様々なミス の低減、人件費削減、保管スペースの削減等がはかれる。

5. 一般造影検査 (DSA) 画像の標準化

5. 1 DICOM 規格の現状

イーサネットベースのオンライン通信プロトコルの標準化の一環として、1994 年頃、XA サービスクラス (X-Ray Angiographic Image) が設定され、データフォーマット等が規定された。これにしたがって、各種 PACS システムや医用 WS システムでの、DSA 画像のオンラインデータ転送が、異なるメーカーの装置間でも容易に可能となった。しかし、転送速度の問題があり、実際には、一連の DSA 画像のうち、フィルムに記録する数画像のみ静止画として転送することで運用されている。このネットワーク画像転送の規格は、一般的な DSA、DA 画像を対象しており、画像サイズも 512/1024、ビットサイズも 8/10/12 ビット等、いずれにも対応可能となっている。CD-R の心臓画像用規格は、この XA クラスのサブセット的な規格となっている。

5. 2 将来動向

DSA 画像を対象とした、CD-R の 1024 画像対応が ACC/ACR-NEMA のワーキンググループで進められており、近いうちに規格化される見通しである。現在日本国内で進められている電子保存規格と合わせて、今後の動向が注目される。

また、ATM 等を使用したネットワークシステムの高速度も推進されており、オンラインでの標準化も動画像の方向に向かう。動画像対応時の大きな問題は、観察装置 (PACS 等の端末) での動画像表示機能が十分かどうか、ファイリングシステムでの動画像の扱い、容量、応答速度等である。

6. おわりに

医用画像に関して、各装置メーカーの技術開発状況、及び世の中の中の技術動向をもとに、工業会等の工業団体を中心とした技術的標準化は可能である。しかしながら、標準化を推進する大きな力はやはり利用する側、医療関係者にある。各装置メーカ

は自社の特長を出そうとしてある意味で進んだ（標準から外れた）機能を搭載するであろう。それなくしては技術的な進歩もなく、各メーカーの特長もない。これら新しい技術を取捨選択し、標準化として推進していくのは医療関係者側である。実運用面での各種問題、施設特有の問題の解決等、標準化の推進には、病院側の協力が必須である。組織化された標準化推進の仕組み、というものも必要であろう。また、保険制度の改革も、大きな問題の一つである。欧米に対してフィルムレス化が遅れている大きな理由の一つが保険制度の違いである。

ただし、注意しなければならないのは、施設特有の問題やその解決手段を一般化してしまうこと、及び標準化の目的以外にそれを適用してしまい、問題点をあげ、標準化を非難すること、などである。共通の問題をできるところから解決していくこと、これが標準化を推進していくコツである。

21世紀に向けてDVDや高速ネットワーク等、新しい技術もどんどん紹介されている。例えば

X線フィルムのように数十年継続する技術は今後有り得ないであろう。したがって、技術の変化に対してどのような対応がとれるか、装置メーカーも医療施設側も常に考えていかなければならない。標準化にとっても大きな問題であり、新しいデバイスに関して常に議論がなされなければならない。標準化の継続性を保つことも必要である。技術的な観点から、また利用・運用する立場からの組織化を進めていく必要がある。

いずれにせよ、標準化は非常に難しい仕事であることは確かである。各施設それぞれの都合もある、各メーカーそれぞれの都合もある、更に委員会自身の都合も色々ある中で、適切なタイミングで将来にわたって適切な規格を定め、推進していくことは、責任も大きく、大変なことである。

全世界的な観点からの標準化に日本も積極的に参加し、規格化に際して重要な役割を果たして行けるよう、医学、工学両面での地位の向上も必要である。