

トピックス

〔 画像情報 〕

最近の国際学会における情報の要約

大阪大学医学部 医用工学講座 稲 邑 清 也

1. はじめに

シネレス化、デジタル画像保管の方向に大きな流れの気配は感じられるものの、まだまだ臨床応用には使用されるに至っていない実情はよく御存知と思われる。分解能とスピードを両立させる大容量高速の電子保存媒体や通信媒体は個別には存在していてもシステムとしてインテグレートしソフトウェアを走らせ臨床に供しようとするとは外と大きな壁に当たっている。画像圧縮の問題、低コスト保管媒体の問題についても個々の技術はあるものの、結合させるアプリケーションウェアが未開発だからである。

電子保存のための低コスト媒体としてCD-ROMがあり、アメリカのACCでは動画像を保管してディスプレイのデモンストレーションを行っている。圧縮についてもMotion JPEGやM-PEGその他がある。高速通信にはATMがある。

しかし従来のシネフィルムの方が簡便性に優れ全国何処でもビューアさえあれば見ることができる長所があり、分解能やスピードの面でも決して劣っていないので当分シネフィルムは続けて使用できそうである。

本稿の執筆を依頼されていたので気をつけて8月に開かれたIMAC 95に参加したが、第1表に示すように関連する演題は1つであった。それで6月に開かれたCAR 95もレビューしてみた処、2つの関連演題が見つかった。そして2月に開かれたSPIEのMedical Imaging 95の抄録集をもう一度調査した処1つもないことが判った。

そこで本稿ではIMAC 95、CAR 95、SPIE Medical Imaging 95の全体的な概観をさせて頂いた上で、関連演題3編の紹介をしたいと考える。但し、いずれもフルペーパーはまだ発行されていないので講演の概要を述べさせて頂きたい。

表 1

IMAC 95 (1995年8月)
分類別 発表演題数

1. テレメディスンとテレラジオロジー	18
2. Hospital-Wide PACS(教育を含む)	18
3. 標準化	7
4. テレラジオロジー	6
5. CR	5
6. テレメディスンのアセスメント	5
7. 高速通信(衛星通信を含む)	4
8. デジタルマンモグラフィ	4
9. バーチャル図書館, 電子出版, 画像教育	4
10. フィルムデジタイゼーション	3
11. Multi-Hospital PACS	2
12. 病歴	2
13. RIS	2
14. ワークステーション	2
15. デジタルビデオサーバー(超音波)	2
16. テレシネアンジオグラフィ	1
17. ビデオテレラジオグラフィ	1
18. ICU	1
19. IS&C and DICOM	1
20. コスト問題	1
21. 第2世代のPACS	1
22. 遠隔放計画	1
23. Radiosurgeryへの応用	1
24. Digital I I-TV	1
25. その他	1

2. デジタル画像に関する国際学会の概観

表1は今年8月に開かれたIMAC 95の分類別の発表演題である。

テレメディスンとテレラジオロジー関連の演題が最も多く、テレラジオロジーのみに焦点を絞った演題6題を加えると24演題となり最も多い。本稿で御紹介するテレシネアンジオグラフィの演題もテレラジオロジーとは別にしてあるのでこれらも加えると26演題となり、全体の26%以上に達する。テレメディスンのアセスメントに関する演題5つを加えると31%になる。

表 2

CAR 95 Computer Assisted Radiology 95
(1996年6月) 分類別発表演題数

1. Image Guided Therapy	5 0
(内訳) バーチャルリアリティ	3
放射線治療	6
外科用顕微鏡	4
トラッキング&ガイダンス	1 0
その他	1 1
2. 画像処理と表示	3 6
3. コンピューター外科	3 0
(内訳) 3次元グラフィック	7
ナビゲーション	8
レーザスキャンニング	2
モデル化	1 3
4. 上顎顔面の画像化(歯科を含む)	2 8
5. テレラジオロジー	2 2
6. PACS	1 8
7. 放射線科のプランニング(PACS, HIS, RIS等)	1 7
8. Large PACS	1 5
9. エキスパートシステムと教育	1 0
10. MRI	1 0
11. 標準化	1 0
12. 医用ワークステーション	9
13. コンピューター支援診断	9
14. CR	8
15. CT	5

次に多いのが PACS 関連でワークステーションや高速通信やフィルムディジタイゼーションなどを加えると 31 演題 31%とテレメディスン全体の演題と並ぶ多さである。

その他にインターフェイスの標準化、CR などがある。

CAR 95 では表 2 に示すように “Image Guided Therapy” と称する新しい概念でまとめた範囲の演題が最も多い。これは従来の 3 次元画像を応用した放射線治療やバーチャルリアリティ関連の演題である。この中には外科手術への応用

は別にしてあり、含まれていない。画像処理と表示、コンピュータ外科、歯科を含む上顎顔面の画像化、PACS (33 演題)、テレラジオロジーなどと続く。変わっているのは放射線科の設計に関するセッションがあったことで 17 演題が集まっている。

SPIE では表 3 に示すように画像処理、PACS、画像表示、医用画像の物理、多次元画像からの生理と機能、画像知覚へと続く。CAR 95 の総演題数 277 より多い 364 演題が集まりながらシネ撮影のデジタル化に関する演題は 1 つもなかったの

表 3

SPIE Medical Imaging 95 (1995年2月)			
分類別 発表演題数			
画像処理	9 2	画像表示	6 8
その他	1 7	画像圧縮	1 6
コンピュータ支援診断	1 0	テレメディスンとワークステーション	1 0
自動画像分類と自動画像集団化	6	その他	8
3次元の手法	6	3次元表示	5
自動画像登録	5	々とその応用	5
融合と相関	5	画像応用と外科	5
セグメンテーション(分割)	5	ソフトコピー, ハードコピー	5
CT, MR, 強調	5	画像表示問題	4
画像再構成	5	ワークステーション	4
ニューラルネットワークとエキスパートシステム	5		
定量的手法	5	医用画像の物理	6 2
CT, MR, 強調	5	その他(展示)	2 2
形態学と運動	4	ディテクタとラジオグラフィ	1 6
マルチモダリティの統合	1	画質とX線物理	1 5
		超音波物理	5
PACS	7 5	デジタルラジオグラフィ	5
その他PACS	29		
PACSワークステーション	6	多次元画像からの生理と機能	4 8
医用画像の保存	6	脈管と血流	1 1
テレメディスン	6	運動と力学	1 1
モデル化とシステム接続・統合	6	気管支と肺	1 0
ネットワーク	5	その他	6
モダリティ別の応用	5	モデリング	5
ICUへの応用	5	神経学的構造と機能	5
標準化	4		
PACSの統合と臨床応用	4	画像知覚	1 9
		その他	1 0
		画像観察と情報抽出能力	6
		画像知覚のためのモデル化	5
		乳房撮影画像	5

は不思議である。一度過去5年間にさかのぼって調査してみたいと思う。

3. テレシネアンギオグラフィに関する発表

ポルトガルのピラノバデアグア病院の心臓部門とアビエロ大学の共同研究である。¹⁾

ATMをバックボーンとしてクライアント・サーバの環境を作ったケーススタディである。ここでATMとはAsynchronous Transfer Mode(非同期伝送モード)のことで、LANやFDDIよりも高度で高速な通信方式である。現在はポルトガル内で2つの病院間を結ぶポイント・ツー・ポイントの使用のみを考えているが、将来はヨーロッパ内のネットワークに発展させたいそうである。

1次医療機関である病院のカテラボの現場に高

速記憶媒体(大容量ハードディスク)をもつマルチメディアワークステーションが置いてあり、放射線部内のLAN(イーサネット)に接続されている。これは高速のATMに接続する前のフロントエンドLANであり、操作性を考慮したマンマシンインターフェイスと呼ぶべきもので、TCP/IPとXウィンドウを用いている。

デジタルシネのソースデータは100Mb/sec以上の速度で発生するので、ATMのような高速転送モードが当然必要であると同時に画像圧縮が重要なキーテクノロジーとなると述べている。彼らは医用の動画像のための特別なアルゴリズムを開発したのではなく、ワークステーション内に既設で入っていた汎用の圧縮アルゴリズムを用いたと述べている。

ATMを用いたデジタルシネの高速伝送と表示は両病院の間では成功したが、まだ臨床応用には入っていない。遠隔シネアンギオグラフィの表示デモンストレーションとビデオコンファレンスに用いているのみである。

彼らによるとシネアンギオの連続画像を送るのは純粋に広帯域・高速伝送の技術の問題に帰すると述べている。ATMのインターフェイスユニットと操作性のよいマンマシンインターフェイス、それに圧縮率の上がる非可逆の画像圧縮ハードウェアが必要であると述べた。

4. 如何にシネフィルムから脱却するか？

心臓アンギオグラフィで画質を維持しながら如何にしてデジタル化してシネフィルムから脱却するかという、大上段で構えた演題があった。²⁾ デジタル化の最重要課題は当然ながら画質を落とさないことであるが、全ての画像をデジタル化するのではなく、画質を保ちながら医学的に最適化されたデータ縮小をして最小のデータセットを伝送し、保存すべきであると述べている。この発表はドイツのフライブルグのアルバート・ルードリッヒ大学の心臓病学の専門家と同じ大学の医療情報部の共同研究によるものである。何から何まで技術側に課題をつきつけて解決を迫るという図式ではなく、医側もデータを縮小して意味のあるもののみを残すことを考えるべきだとの主張である。

医学的に異なったレベルの意味づけと関連性から“image content description”（画像に含まれている内容記述）とその画像を生成し、これを部分的な可逆圧縮ハードウェアにかけて圧縮する。即ち医学的に意味のある画像のみを可逆圧縮にかけるということで、その選択が重要とのことらしい。

臨床的には診断に加えてインターベンショナル・カーディオアンギオグラフィの精度向上を目標にしており、如何にして潜在的に重要で医学的に詳細な情報を逃がさずに可視化するかという事を具体的な目標としている。

従ってセグメンテーションは3次元の画像再構成で行っている。また彼らの研究の評価の方法の

“最悪な症例”のテストベッドとして“motion compensated loop”表示が用いられている。

最近のカテラボはデジタル化されることによって迅速に画像をアクセスできるようにはなってきたものの、レポートを書く時にはどうしても追加情報が欲しいことがよくある。例えば診断上是非必要な形態学的情報（例えば血管の断面積とか血栓の組織情報など）である。これらの微細な情報はフィルムには入っているのにデジタル化したら無くなったのでは困る訳である。だから可逆圧縮は必要と言える。

前述の“image content description”によって画像に直接関連したパラメーターの個数が臨床症例を増やすに従って当然ながら増加してきている。これにより医学的なデータ縮小が効果的にうまくいきつつある。例えば医学的に高い関心のある領域は“significance segmentation list”が作られてマークされる。こうして重要な意味のある情報は保存され、他の部分の画像情報は非可逆の高倍率で圧縮されてしまう。

冠状動脈の3次元構造を再構成し、描出する方法を開発しているが、その中でもPMI (Point of High Medical Interest) を作るためにパイプレンアンギオの写真をよく見てマークしていく。

一方RPMI (Region of Potential Medical Interest) を定義しこれをも3次元的な画像の中にマークしていく。このPRMIは非可逆圧縮で高倍率で圧縮され医学的な意味があるのではないかとされている画像として保管される。しかし圧縮によるアーティファクトはないようにしており、血管の幾何学的情報はかなり正確に再現される。この非可逆圧縮にはMotion-JPEGよりもフラクタル圧縮技術を用いた方がよいとのことである。

前述の“Motion Compensated Loop”は前述のPMIを全てのフレームの中から固定しながら生成していく。固定された画面上の位置での血管のセグメントのクリティカルな状況をズームングして拡大表示することにより、血管中の微小病変の微細構造をかなり良好に検出できるとのことである。そしてアンギオの“worst-case-object”を見つけていってファイルしておく。

また異なった圧縮アルゴリズムの比較をする時や異なった記憶媒体を用いた時の画像劣化の度を比較するためにも前述の“Motion Compensated Loop”を用いる。普通のフルスケールの映画や拡大された静止画を見るよりも、より鮮やかに動画としての PMI を見る事が出来、臨床的に有効とのことである。

以上の様にシネフィルムをデジタル化して後継者として臨床使用していくための評価基準としてはこの様な“worst-case examination”のテストベッドが不可欠であるとのことである。また必要充分であると言い切っている。

5. デジタルシネアンギオの表示と解析

多重フレームのデジタルシネアンギオ画像を迅速に臨床レビューするためにデジタル画像表示とグラフィック・ユーザ・インターフェイス (GUI) を開発している。³⁾画像データの分析とは主として BSCC 弁 (Björk-Shiley Convexo-Concave 弁) のシネアンギオのレビューのことでありそのためのソフトウェアが開発されて使用された。

1つのイメージセットを約 21 フレームの 1024 × 1024 × 8 ビット × 3 方向のビューとしてセット化しておく。8人のベテランのレビュアーが3日間で 112 のイメージセットをレビューする。このレビューは臨床医が日常臨床の中で出くわすレビューを定型化したものであり、有効性が確認されたものである。

方法としては 1) 前述の GUI 設計をできるだけ簡素なものとする、2) 操作者がマウスを長々と動かし回さなくてもよいように“hot key”を設けてキーボード操作をショートカットして簡便化すること、3) 好みのフレームレートで動画表示ができること、4) インタラクティブな操作で画像強調のために画像処理の機能を設けること、5) GUI の利用頻度を統計的に評価するためにレビュー中のユーザーの行動のロギングを自動的に行えるようにする、の 5 項目が設計仕様に盛り込まれている。

GUI は次の 3 つのモードで操作できるように設計され Motif ウィンドウで書かれた。即ち

- 1) プレビューモード：3 方向からビューを同時に同じ画面で表示する。
- 2) シングルビューモード：1 画面上でフルサイズで 1 方向からのビューのみを表示する。
- 3) 選択フレームモード：上述のシングルビューモードで選択しておいたクリティカルなイメージを再分析するためにレビューする。

結果として得られるのは、前述の自動ロギングを分析すると平均レビュー時間が 222 秒であったこと、各々のレビュアーは GUI を異なった方法で操作しており個人差があったことである。即ちあるレビュアーはフレームを順番に 1 つずつレビューしていくし、他のレビュアーは 1 秒約 1 フレームくらいのスピードで動画表示させてレビューするといった具合である。そして詳細な観察が必要な場合には 1 コマずつ停めて行う。前述の選択フレームモードとズームの機能と ROI の利用についてはレビュアー全員が必ず使用していたとのことである。

結論としては市販のワークステーションを用いてマルチフレームのデジタルシネアンギオを効率的に分析できる臨床用のレビューシステムを設計し開発しデモンストレーションをする事に成功したとしている。特に沢山のイメージデータセットをレビューしなければならない場合には有用であるとしている。レビューを行っている間の医師の行動を分析した結果、このシステムはフレキシビリティと適合性に富んでいるので彼等の作業スタイルに合い、好まれている事が判ったとのことである。

6. おわりに

以上、本年の CAR 95 と IMAC 95 に出てきたシネアンギオのデジタル化についての講演を中心に御紹介した。IMAC 95 のテレシネアンギオグラフィについてはあとで詳細なフルペーパーが発行される予定なので興味のある方は筆者に御一報頂ければコピーを差し上げたい。

日本で普及しているデジタル I. I. テレビ (2048 × 2048 × 12 ビット) ではスピードが充分ではないので消化管で用いられている。1024 ×

1024に落とすと毎秒30フレームは得られるが、DSA的な使われ方が主である。512×512まで落とすと毎秒60フレームまで上がるので小児用には使えるかもしれない。サチコンとデジタルVTRの組み合わせで高速化の目途はつきつつあるらしいが、コストの点では未知数である。

今の処、シネフィルム撮影のスピードと画質に代わるデジタル化は実験や臨床トライアルの段階といってよさそうである。

最初に述べたCD-Rは600MBの記憶容量で1枚3,000円で購入できる。強い光に直接あてるとメモリが消えるので保管に気をつけねばならないがフィルムより軽く取扱い易いので将来有望である。通信もATMが普及しつつあるので利用されていくこととなろう。そのためのソフトウェア開発とシステム試用が徐々に多くなることが期待される。

7. 文献

- 1) Augusto Silva et al. Telecineangiography A Case Study with Client-Server Environments and ATM Backbones. The Fourth International Conference on Image Management and Communication. CAR 95, Hawaii August 1995.
- 2) M.R. Rombach, et al. Quality-Preserved Image Data Coding in Cardangiography-How to Migrate from Cinefilm. Computer Assisted Radiology CAR 95 Springer Verlag. Germany 1995 pp1283-1283
- 3) K.Mueller, et al. An Efficient User Interface for Display and Anylysis of Multi-Frame Digital Cineangiographic Data. ibid pp 1268-1268