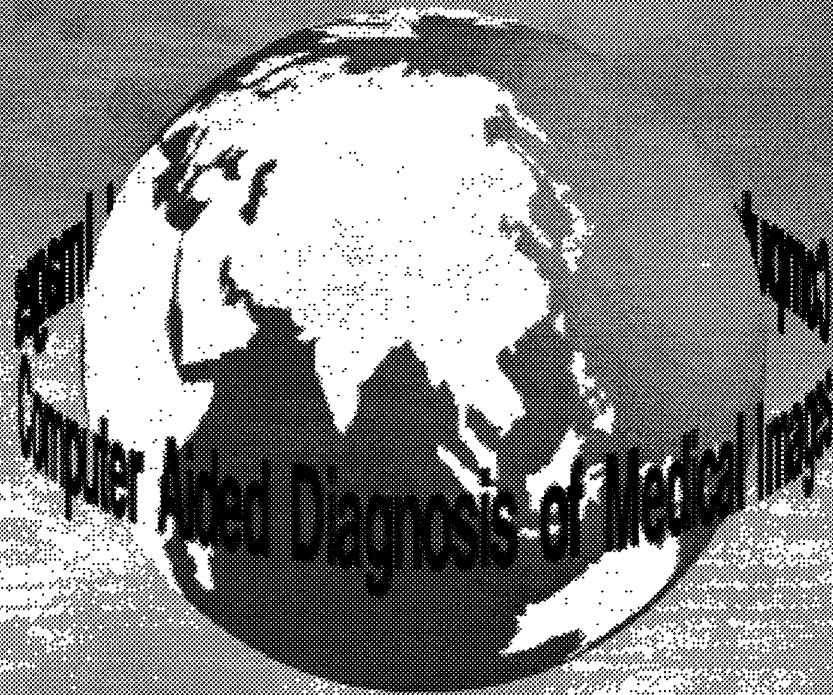


CADM

Computer Aided Diagnosis of Medical Images

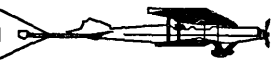
News Letter



コンピュータ支援画像診断学会

1995.6

No. 12



「M」側からの基礎的な疑問 (8号・10号：縄野先生) に応えて —ニューラルネットワークへの期待—

藤田 広志*

縄野先生と仁木先生との”キャッチボール”の中に、ニューラルネットワーク (以下、NNと略) に関する項目があり、今回私に”プレー”に加わるように編集担当者からご指名がありました。私はNNに関する専門家ではありませんが、医用画像処理への応用としてNNを利用した最近の経験に基づいて、本稿を書かせて頂きます。

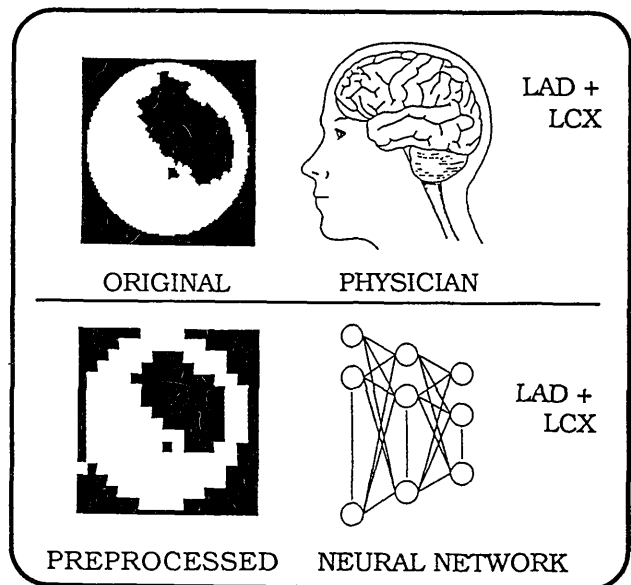
NN (または、ニューロコンピュータ) は、われわれが平素使っているコンピュータ (ノイマン型と呼ばれる) とは異なり、人間の脳の仕組みに学んで設計され、あたかも人間が考えるように思考し判断することを目指すコンピュータです。その特徴は、学習が可能なことであり (”考えるコンピュータ”)、めんどろなプログラミングの必要がないことです。したがって、あいまいな情報による知識処理ができ、人工知能でいうルールをアルゴリズムで記述しなくてもよいこととなります。むしろ、記述できないような対象にこそ、その威力を発揮します。また、並列分散処理型で、従来のコンピュータが不得意であったパターン認識に適しています。

このようなすばらしい特徴をもっていることを考慮すると、医用画像のためのコンピュータ診断支援 (computer-aided diagnosis, 以下CAD) システムの構築には、最適のコンピュータと期待されます。例えば、乳房X線写真の読影を考えてみますと、研修医が十枚、百枚、千枚と読影の経験を積んで、次第に読影技術が上達するように、NNにも同様に単に写真を「学習」させることによって、次第に”賢くなる”と予想できます。専門医の複雑な診断プロセスをアルゴリズム化するのは決して容易なことではありませんし、記述表現できないような直観的な要素も多く含まれていますから、NNへの入力画像と出力となるべく専門医の診断結果のみを用意し、ただ学習さえさせればそれだけで”名医”にも匹敵し得るすばらしいシステムができそうです。

1989年のRSNA (北米放射線学会) では、初めてN

N応用に関する演題が3題報告されました。われわれもこの刺激を受け、また上記のような特徴と可能性に大きな希望をいだいて、さっそくパソコンでNNを実現できるシステムを用いて実験を開始しました。ところが現実には厳しく、第1の問題にぶつかりました。それは、使用したNNシステムに入力可能な画像のマトリックス (画素数) が、最大で32×32であったことです。最低500×500ぐらいを考えていたのですが、それはとんでもないことでした。実際これより大きな画像をNNに入力できたとしても、学習時間がかかりすぎる点や、学習能力に限界が生じる可能性があることが分かりました。

そこで、まず目を付けたのが核医学画像でした。心筋SPECT画像の多断面を2次元表示したブルズ・アイ画像のCADシステムの開発に応用しました。ここでは、初めに試みたカラー原画像を直接NNに入力する手法では認識率が悪かったので、前処理として16×16マトリックスに縮小し、2値化処理しました (障害の広がりを示すEXTENT画像のみ使用)。この結果、経験約2年の専門医に匹敵するシステムができ、The Journal of Nuclear Medicine 誌に同誌ではNN



*：岐阜大学 工学部電子情報工学科 〒501-11 岐阜市柳戸1-1

を取り扱った最初の原著論文として掲載されました (Vol.33, No.2, 272-276, 1992)。その後もシステムを改良し、6値化処理した障害の程度を表すSEVERITY画像も併用し、4つの異なったNNでパターン認識部を構成したシステムになりました (電子情報通信学会論文誌, Vol.J76-D-II, No.11, 2436-2439, 1993, 他)。現在、これらをさらに発展させるべく、負荷時の画像のみではなく、再分布画像に対しても応用中です (Radiology, Vol.193(P), 224, 1994)。

これらの研究や、他の診断画像へ応用を行うなかで問題となったのは、

- ①原画像全体の直接入力法における処理能力の限界
 - ②学習画像の質と量の決定法
 - ③NNのパラメータの設定法 (中間層の数など)
- などでした。

①に対しては、現在のNNの能力はまだ”子供”のようなもので、何らかの”手助け”が必要だと思われます。上記のように前処理画像を用いたり、複数のNNを使って作業を分担させたり、あるいは画像の小領域への応用に限定したり、画像の特徴量を計算しNNに入力するなどの対応が考えられます。小領域への応用としては、NNによる乳房X線写真の腫瘤陰影の良悪性の鑑別を試み、腫瘤領域周辺のみをNNに入力しました (前処理も併用) (Med. Imag. Tech., Vol.10, No.2, 126-129, 1992)。また、画像特徴量のNNへの入力としては、骨粗鬆症のX線画像診断における骨梁パターンの解析において、5つの簡単な統計量を入力して、かなりの認識率を達成しました (医用電子と生体工学, Vol.30, No.4, 297-300, 1992)。腫瘤解析でも系列依存性などの特徴量を入力することによって認識率の向上が見られました (電子情報通信学会英文論文誌, Vol.E76-D, No.8, 956-962, 1993, 他)。

②は医用へのNN応用の際のやっかいな本質的な問題点です。NNはルールに基づいたプログラム構築による従来の手法に代わり、データベースから学習によってシステムが構築されますので、その能力は学習パターンの質と量に大きく依存します。われわれの上記核医学画像例では、7疾患+正常の8分類に対して、それぞれ約10枚ぐらいずつの画像を実験用データベースとしました (難しい例やその他を含めると、約150例ぐらい収集しました)。少ないデータベースを効率良く用いる方法に、ラウンド・ロビン法があり、1枚のみを認識用に用い、他はすべて学習用に使います。そして、これらの組み合わせを変えて繰り返し、これらのそれぞれの結果の平均から認識率を計算します。このとき、典型例を中心に難しい画像も少し加えて学習させたときに、認識率が良い結果となり

ました。あまり典型例のみでの学習ですと、認識画像が少し難しくなると応用がききにくく、逆に難しい例が多くなると学習がうまくできません (学習曲線が収束しない)。基本的にはもっとデータベースを収集すれば解決する問題もあるのですが、医用画像関連の研究でしばしば遭遇する別の問題点が出てきます。それは、確定診断されたしっかりしたデータを幅広く収集することが困難であったこと、現場の装置の更新で同様なデータ群がそれ以上収集できなかったことなどでした。また、医療機器からのデジタル画像データの直接取り出しにも大きな制約があることも問題でした (これらは、IS&CなりDICOMなどの今後の発展によって解決されると期待できます)。NNの中で使われる結合数の十倍のサンプルが必要であるとの論文が出されておりますが (Baum EB and Haussler D や Astion ML and Silding P)、これをそのまま適用すると上記の例では何と2万画像以上の症例が必要になります!! いずれにせよ、本学会の行っているしっかりした医用画像データベースをM側の先生方のご協力を得て作成することは、これらの今後の研究にも大変に役立つ重要な学会の活動と考えます。

③は実験的に決定してましたが、この問題点に関するいろいろな提案も最近されています。また、NNはブラックボックス (”魔法の暗箱”) として使用されているために、処理結果の正当性に一抹の不安が残ると指摘されることがあります。さらに、われわれが用いたのは、最もポピュラーな階層型構造のNNで、バックプロパゲーション法によって学習を行う方法でした。実際には、多くのNNが提案されており、それらを使用すればもっと良い結果がでたかもしれません。

シカゴ大の土井教授のグループでは、乳房X線写真のCADシステムのなかで、検出された候補の最終選別段階でNNを一つの要素技術として積極的に取り入れられています。

第2次のニューロブームが起きてから10年近い月日が過ぎ、多くの応用例が報告されましたが、NNであったからこそできた医用画像処理に関する事例はまだ少ないようですし、また、上記のような種々の問題点が存在するのも事実であります。しかしながら、上述のように、コンピュータ診断支援システムの一部のパートを受け持つ技術として、すでに受け入れられてきていますし、光ニューロチップのような専用ハードウェアの開発も進んでおり、NN理論・技術の今後のさらなる発展によって、最初にわれわれが期待したようなニューロコンピュータに少しずつ近づいて、医師の診断の良きパートナーとして利用される日が必ず来るものと思われれます。



「CADの本質は何か」と「乳腺腫瘍超音波像のコンピュータ解析（森久保先生）」に就いて

飯沼 一浩*

1. はじめに

画像診断機器がどんどん普及してスクリーニングにも使用され、多数の画像が撮影されるようになると、さらに、高速画像通信が自由に行われるようになって、多忙な医師に全ての読影を依存しては限界がある。また、一言で読影と言っても部位や疾患によって専門も異なり、経験にもよるので医師により読影結果に差が生じる可能性がある。そこで、コンピュータによる支援が期待される。

人間のパターン認識の能力はきわめて優れており、この点では現在のコンピュータの能力をはるかに越えるから、パターン認識を主体とする医師の「読影」に対して、安易にコンピュータで支援が出来るとは思わないが、上述のニーズと、最近の目覚ましいコンピュータの技術進歩によりいずれ、コンピュータが医師の読影の一部を担うときが来ると考え、私はCAD (Computer Aided Diagnosis) に大きな興味と期待をもっている。しかし、一方で「CADが医師の読影を支援するために、CADの結果を医師が読影する前に知らせるべきか、後に知らせるべきか」というCADの使い方に関して、当時私は明確な解をもっていなかったし、また、1枚の画像から複数の疾患を診断する必要がある場合に「特定の疾患だけを対象としたCADは支援になり得るか」ということも疑問の一つであり、これまで私なりにいろいろと考え続けてきた。

折角の機会を与えて頂いたので、「CADの目的は何か、CADをどう使うべきか、CADの目的を果たすための条件は何か」について現在の私の考えを簡単に述べてみたい。

2. CADの目的と使い方

読影を支援する意味でのCADの目的は、以下の2つに分けて考えることが出来る。

1) 誤診を少なくする

この場合は、「医師が読影した後にCADの結果と照合する」という使い方が適しており、不一致があれ

ば医師がCADの結果を参考に再度検討する。これは、医師による見逃しや誤診をチェックし誤診を少なくすることを目的としており、CADの正診率が十分高く医師の「平均の読影力」を越えていれば、医師の個人差の影響を軽減することができる。医師個人の労力は減らないが、2人の医師によるダブルチェックを1人の医師とコンピュータが行うと考えれば、医師の負担が減ったと考えることもできる。しかし、FP (False Positive) やFN (False Negative) が多くなるとかえってわずらわしく、疲労の原因ともなり意味がなくなってしまう。

2) 医師の負担を減らす

この場合は、「医師が読影する前にCADが正常、異常を選り分け、異常のみをCADの結果を参考にし医師が読影する」といった使い方になる。これにより、医師の労力は大幅に軽減され、大量のデータを扱うスクリーニングが可能になる。

しかし、CADが正常と判断したものは医師は見ないのであるから、FNが大きければ見逃しの危険が大きく、逆にFPがあまり大きければ負担軽減にならない。

1枚の画像から複数の疾患を診断する必要がある場合に「特定の疾患のCADが支援になり得るかどうか」については、1) 「誤診を少なくする」目的には役に立ち、2) 「医師の負担を減らす」目的には役に立たない考えられる。

3. CADの実用化の条件

上述の2つの目的は明らかに異なるものであるが、いずれも医師を支援する実用的なCADを実現するには、FN、FPを十分小さくしなければならない。

FNとFPの必要十分な値は、疾患の種類、検査の種類や難易度、再検査・精密検査の種類などに依存し一定ではなく、対象毎にそれを正しく設定し、それを実現できる画像処理アルゴリズムを開発できるかどうかにかかっている。

結局、CADの研究は「対象ごとにFNとFPの必

*: (株) 東芝 〒324 栃木県大田原市下石上1385

要十分な値を決定する」ことと「その目標とするFNとFPを実現するアルゴリズムを開発する」と言う2つの問題に帰着する。

以上が、私がこれまで考えてきたCADに対する考え方である。

4. 森久保先生 (News Letter, No.10) に応えて

非常に早い時期から乳腺超音波像のコンピュータ解析に取り組まれたことに敬意を表する次第です。コンピュータによる正診率が、医師(専門医2名、指導医1名)の平均の正診率を越えることをもってCADの臨床的有用性を示されたことは、上述した私の抽象的なCADの理解と一致し、臨床を十分理解できないながらもCADの具体的な実例として興味をもって読ませて頂きました。

本論文は、超音波精密検査における乳癌と繊維腺腫の鑑別診断に対し、腫瘤の輪郭形状と内部エコーの性質を定量化し、客観的な診断基準の提供を目的としたもので、コンピュータ利用の適切なアプローチと考えます。このコンピュータ解析の目的が、「医師の負担を減らす」ことではなく、「誤診を少なくする」ことであるとすれば、

(1) コンピュータで抽出された特徴(輪郭など)が客観的なものかどうか

(2) 特徴抽出されたデータから求めるパラメータが鑑別診断に適切なものかどうか

(3) 正診率が通常の医師による読影結果を上回るかどうか

が重要なポイントと思われる。先生の論文は、このうち2)、3)を検証したものと言え、「3. 本システムの問題点」の項でも述べておられるように1)が重要な課題です。

以下に、本文中の「3. 本システムの問題点」に対する私の意見を記します。

1) 装置の「アナログ・ビデオ出力信号」をA/D変換して用いても、変換に際して歪が少なければ、ビデオ信号自体は本研究の目的に影響を与えることはないと思います。デジタル・ビデオ出力でも同じ結果が得られると思います。RFデータはビデオ信号より多くの情報をもっていますが、データ量が非常に多くなり、私見では、臨床的に有益な何か新しいものを引き出せる確率はきわめて少ないと考えます。

2) 「腫瘤の輪郭抽出の客観性」は本テーマの最大の課題です。このシステムでは一部手動でトレースをされており、現状では妥当な方法です。この場合、

(1) トレースする人によって支援診断の結果が変わらないかどうかの検証が必要であり、

(2) トレースの労力が臨床の現場で許される程度かどうか実用性を決定する大きな要因です。もちろん全自動が理想ですが、不可能とは言えないまでもきわめて難しい研究課題であると言えます。とくに超音波に特有の「非対称画像」(分解能は体表から奥行き方向は距離分解能、横方向は方位分解能で決定され、いずれも深部に行くほど分解能が低下する)が画像処理には不利な条件になります。

3)、4)については実際の臨床画像に接していないことと、画像解析(とくに、ニューラルネット、ファジー、フラクタル次元、エントロピーなどの導入)に関する私の知識不足のため適切な応えができないことをお許し下さい。

5. あとがき

コンピュータは「数値計算やデータ処理は人間よりはるかに優れており、大量の処理が可能で、同じ画像に対しては常に同じ結果を出す」という特徴を用いて、診断に定量性、客観性を導入して「誤診を少なく(正確に診断)」し、「医師の負担を減らす」ことを目的としたものがCADであると考えている。

一方、同じ画像から医師の読影では得られない臨床的に有用な新しい情報、言い換えればパターン認識では得られない計測値などの臨床的に有用な情報をコンピュータで引き出せるかどうかは、別の興味あるテーマであるがここでは触れない。

以上、私のCADに対する考えを中心に述べたが、これらは、とくにシカゴ大学の土井教授の研究、先生との討論、東芝医用機器技術研究所の研究者との討論などを通して、長年考え続けてきた私自身の「CADに対する期待と疑問」に対する現在のまとめである。自分の書きたいことを書いてしまい、CADM(No.10)に掲載された森久保先生の記事に対しては「不十分な応え」となってしまったかもしれないので、その点はお詫びします。

投稿の機会を与えて頂いたことを感謝すると共に、本誌の主旨とする医学と工学の橋渡しに些かでも役立てば幸いです。



胸部単純X線写真肺間質性陰影とフラクタル

木戸 尚治*

森先生が8号の”肺とフラクタル”で、日常臨床における画像情報を用いてフラクタル解析ができる可能性はどの程度であろうかとお書きになっていることに対する返答をということで、我々の研究成果と文献的考察を併せて述べたい。

Mandelbrotらによりフラクタル幾何学が提案されて以来、自然界のフラクタル現象は各分野の注目を集めるところとなり、物理学や生物学を始めさまざまな自然科学の分野において多くの成果があげられてきた。さらには社会科学の分野においてもフラクタル的な考え方はかなりの影響を与えるようになってきている。人体には血管や気管支などのように自己相似的な形態を持つ器官が多くあり、医学の分野においてもフラクタル解析の手法が大いに有効であろうと考えられる。

気管の分岐構造に関しては、Mandelbrot(1)やHorsfield(2)によりフラクタル的な形態を持つことがすでに指摘されている。北岡ら(3)は伸展固定肺の薄切標本を用いて、その気管支壁の内壁をトレースすることにより気管支構造を再構成して、フラクタル次元の計算を行った。また肺線維症の終末像におけるhoneycomb lungにおいては気道のフラクタル次元は3に近づくと考えられるというようなことにも言及している(4)。このように気管支の解剖学的あるいは組織学的なレベルにおいてはフラクタル解析の有用性はかなり高いものと考えられる。

放射線診断学が対象としている画像というのは、非常にバリエーションが多く単純化しにくい。特に胸部単純X線写真においては気管支血管陰影や肋骨などの解剖学的構造が重なりあって情報を抽出しにくい。肺野に現れる陰影は微細で多様なパターンを示すことが多く、熟練した放射線科医にとっても読影は困難な作業となっている。このような陰影の代表的なものとしては肺間質性陰影があげられる。

肺間質性陰影の特徴解析は胸部単純X線写真のコンピュータ支援診断(Computer-aided diagnosis:CAD)において重要な分野である。桂川ら(5,6)は二次元フーリエ変換から求まるパワースペクトルを眼のレスポンス関数を用いてフィルタリングして、さらに物理的尺度としてrms変動値(root-mean square variation)とパワース

ペクトルの一次モーメントを用いて間質性陰影の分類を行った。

このような特徴解析においては、情報の抽出とその抽出情報の定量化という二つのプロセスがあるが、我々の試みた方法(7)ではフラクタル解析の手法を抽出情報の定量化に用いた。処理のプロセスは大きく分けて二つである。ひとつは胸部単純X線写真からの陰影抽出を行うためのラプラシアン-ガウシアンフィルタ二値化処理および線状影判定処理である。他のひとつはこの処理画像に対して、関心領域(ROI)を一辺がdの正方形を用いて分割して対象画像を被覆し、その個数N(d)を測定してフラクタル次元を計算するプロセスである。この方法はbox-counting法といわれる(Fig.1)。間質性肺陰影を持つ患者群および正常者群の胸部単純X線写真をデジタル化し、その上肺野と下肺野にROIを設定して、フラクタル解析を行いフラクタル次元を求めた。Fig.2は正常例と異常例において、10個のdに対してそれぞれN(d)を求めた結果を示している。異常の場合の直線の傾きから求められるフラクタル次元は、正常の場合のそれより大きいことが理解される。このように正常群と異常群の間には、フラクタル次元に有意差があることが示された。

我々は胸部単純X線写真を用いて間質性陰影を診断することが可能であることを示したが、フラクタル次元と病変の強さや陰影のパターンとの関係についての研究は始めたばかりである。従って胸部単純X線写真の間質性陰影に対して、どの程度までフラクタルによる記述が可能であるかについては残念ながらはっきりしたことを言うことはできない。

しかしながら日常臨床における画像情報ということであればいろいろな報告がなされている。Caligiuriら(8)はデジタル化した腰椎のX線写真にROIを設定してフラクタル次元を計算した。この結果、骨折のリスク判定に有用であることが示されたとしている。またHondaら(9,10)は唾液腺管造影のX線写真を用いて導管の分布パターンのフラクタル解析をおこない、シェーグレン症候群(涙腺や、唾液腺のなかでも特に耳下腺の慢性的炎症をおこす)病変の進行度をフラクタル次元を用いて定量化できるとした。これらの報告ではフ

*: 西宮市立中央病院 放射線科 〒663 西宮市林田町8-24

フラクタル次元を利用して定量的評価をしているが、日常臨床ではこのことは非常に重要であり、診断に客観性や定量性を持たせることができると考えられる。

フラクタル解析は一見ランダムであるような構造が、ある一定の規則性を持つ場合、その複雑性を解析するための有効な手法である。人体においては気管や血管をはじめさまざまな器官がフラクタル的な形態をしており、胸部単純X線写真をはじめとする日常臨床画像はこのような対象を画像化するわけであるから、フラクタルによる記述というのは診断のための有効な方法ではないだろうかと考えられる。

(参考文献)

1. Mandelbrot BB. The fractal Geometry of Nature. New York, NY: W.H. Freeman 1983
2. Horsfield K. Diameters, generations, and orders of branches in bronchial tree. JAppl Physiol 1990;68:457-461.
3. Kitaoka H, Itho H. Spatial distribution of the peripheral airways -application of fractal geometry-. Forma 1991; 6:181-191.
4. 松下貢編著. 医学・生物学におけるフラクタル、東京、朝倉書店、1992.

5. Katsuragawa S, Doi K, MacMahon H. Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography: Detection and characterization of interstitial lung disease in digital chest radiographs. Med Phys 1988; 15:311-319.
6. Katsuragawa S, Doi K, MacMahon H. Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography: Classification of normal and abnormal lungs with interstitial disease in chest images. Med Phys 1989; 16:38-44.
7. 木戸尚治、他. 胸部単純X線写真における肺間質性陰影のフラクタル解析. コンピュータ支援画像診断学会第3回学術講演会講演論文集 1993.
8. Caligiuri P, Giger ML, Favus M. Multifractal radiographic analysis of osteoporosis. Med Phys 1994;21(4):503-508.
9. Honda E, Domon M, Sasaki T. A method for determination of fractal dimensions of sialographic images. Invest Radiol 1991;26(10):894-901.
10. Honda E, Domon M, Sasaki T, Obayashi N, Ida M. Fractal dimensions of ductal patterns in the parotid glands of normal subjects and patients with Sjögren syndrome. Invest Radiol 1992;27(10):790-5.

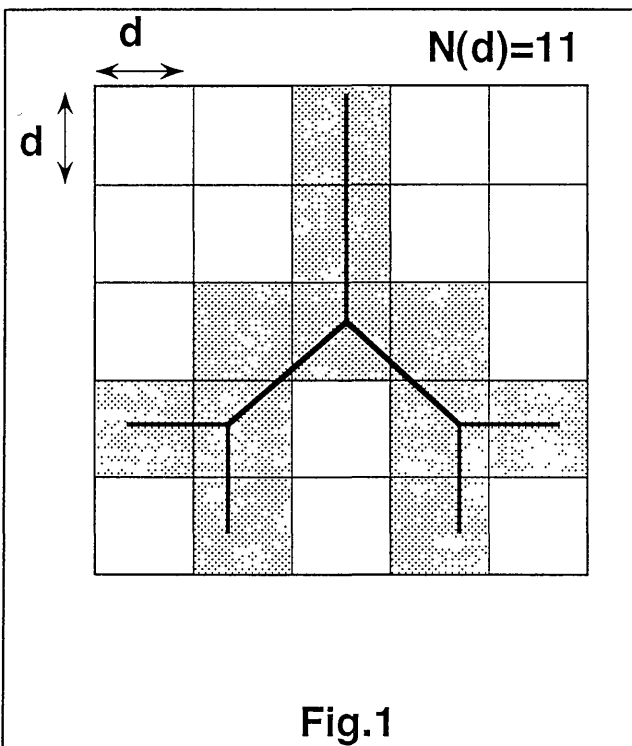


Fig.1

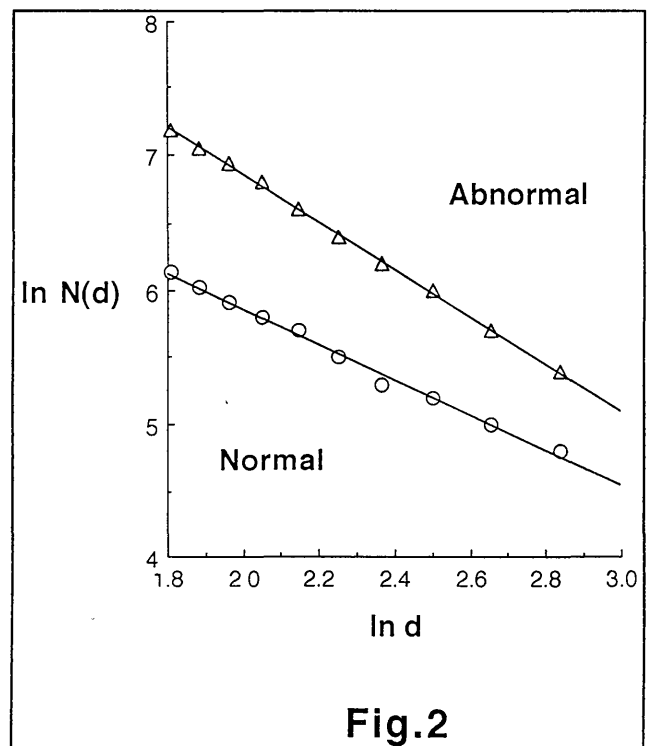


Fig.2



バーチャル・リアリティ (VR) と医学の出会い — (1) VRとは何か

鳥脇 純一郎*

1. まえがき

バーチャル・リアリティ (virtual reality 仮想現実、以下VRとかく) という言葉が、色々の分野で使われるようになってきたようである。ついでに、「バーチャル・****」という表現もしばしば見かけるようになった。例えば小説のタイトルに「バーチャル・ガール」、「バーチャル・ライト」などがあり、新しい科学技術の成果を巧みに取り入れてベストセラーを生み出す作家M. クライトンは最新作「ディスクロージャー」において早速データベースのVR空間を探索する場面を取り入れている。医学の分野においても例外ではない。例えば、ここ1、2年VR、ビジョン、ロボットの医学応用を意図したいくつかの小規模な国際会議が開かれている*。また、コンピュータ外科 (computer-aided surgery, CAS) においてもVRは関係が深い。

*例えば、CVRMed (Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine, 1995, 97)、MRCAS (Medical Robotics and Computer-Aided Surgery, 93, 95)、VBC (Visualization in Biomedical Computing, 94, 96)、等々。参考までに、今回はMRCASが1995.11.5-7 (アメリカ ボルチモア)、VBCが1996.10 (ドイツ ハンブルグ) の予定。

しかしながら、「VRとは何か」ということについては必ずしも明確ではなく、各人によって、また、時と場合によって様々な内容で理解されているようである。また、それが医学においてどのような役割を果し得るか、あるいはどのような利用が考えられるか、については漸く検討が始まったところであろう。

そこで、本文ではVRについての視点をまず整理してみる。次いで、医学においてVRをどのように考えるかについて、筆者の個人的な観点から述べてみたい。

2. VRとその実現技術

2. 1 VRとは何か

VRの定義らしいものをあげるとすれば、次のようなものが平均的なところではないと思われる。すなわち、

VR = 「仮想的環境 (仮想的世界) の現実感覚に基づく体験」。

VRの実現のためには、少なくとも上記の下線部の要素を実現するための技術を考えなくてはならない。すなわち、

(1) 仮想的環境 (もしくは仮想的世界) をどこにどのようにして実現するか。

(2) 仮想的環境を体験する現実感覚として何を使うか (どのような感覚に訴えるか)。

(3) どのような方法で体験させるか。

である。言い換えれば我々の日常生活 (旅行等の非日常的なものを一部に含む) と同一レベルでは体験し得ない世界を、我々の実際の諸感覚を通して体験させてくれる技術 (システム、あるいは体験すべく作り出された世界そのもの) をVRという。このような意味でのVRを実現するには、まず体験する世界をどこにつくる (あるいは体験したいときに生成する) ことを考えなくてはならない。次に、それを体験する (“体験した” と感じさせる) には、人のどの感覚にどのような手段で訴えるか (どのような刺激をどうやって生じさせるか) という問題を解決しなくてはならない (図1)。それらに対して、現在、部分的ではあるが様々な形での手法が提案、もしくは模索されてきている。

2. 2 仮想的環境

現在のところ、仮想的環境 (仮想世界) は計算機の中につくられるのが大部分である。あるいは、仮想環境を生成するための「データ」と「手続き」が計算機内にあるというべきかもしれない。

*: 名古屋大学工学部情報工学教室 〒464-01 名古屋市千種区不老町

その他に、例えば、画像のハードコピー（3次元立体視など）、あるいは、実際に模型を作る（例えば遊園地の色々の仕掛け、ディズニーランドのアトラクション、フライトシミュレータ、など）、というようなものが考えられる。ただし、これらにおいては先に述べた“日常生活レベルでの体験可能性”との区別があいまいになってくる。

ところで、この仮想的環境を実際の世界と比較するとき、次のような典型的なケースが考えられる。

(a) 物理的世界：物理法則が実世界と同一で、それを体験するときのスケールも同一である。先の模型をつくるタイプのもの、訓練目的のシミュレータ等では近似的にこの場合が多いと思われる。現実には生じ得るが実際に起こすことは許されない現象（例えば各種の事故、緊急事態など）の体験はこの代表例である。

(b) 準物理的世界：対象となる世界の現象を支配する基本原理（例えば物理法則）は実際の世界と同じであるが、体験のスケールが現実とは異なる。例えば、物性定数（粘性率、屈折率など）が実際には有り得ないような物質でできている世界、あるいは、現象は実物と同じであるが、観測者の視点の位置、相対的大きさ、時間尺度などを実際にはとり得ない状態において体験する場合、などである。前者の例として、例えば屈折率5.9の透明球、後者の例としては、結晶や人体の内部に人が入りこんだ状態の体験などがある。

(c) 非物理的世界：物理法則が現実とは全く異なる場合であり、SF的なゲームの世界、コンピュータ・アートの世界、などはこの例である。

もちろん、どの場合にしても基本的には人工物の世界であるから、対象の性質が完全に解明されていない限り、厳密な意味での(a)(b)は実現できない。また、狭義のVRは(c)を意味し、(a)は含まないことが多い。従って、これらはむしろ発想法のちがいで現実の世界の対応物から出発するか、現実世界に把われずに仮想世界を構築するかであるというべきかもしれない(図2)。

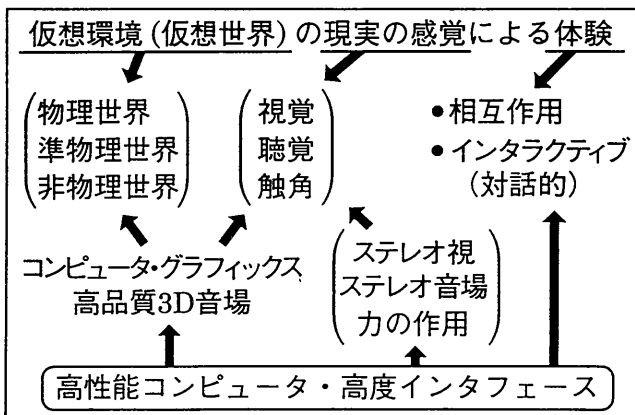


図1 パーチャル・リアリティ（仮想現実）の定義と実現

2.3 現実感覚

人が人工的な環境を体験することは、実世界の場合と同様に人の通常の五感を介して行われる。そのためには、対応する感覚に適切な刺激を生じさせるような信号をつくり出す必要がある。このとき、先に述べた意味で環境は計算機内にあるとすると、現在のところ次のようなものが比較的よく検討され、あるいは、利用もされている(図1)。

(a) 視覚：計算機内にある情報の視覚化はコンピュータ・グラフィックス(CG)の領域そのものであり、VRにおいても最も大きな役割を果たす。しかし高度な3D映像を生成することはまだ容易でない。

(b) 聴覚：3次元音場はやはり重要な環境体験の道具となる。

(c) 触覚：環境との相互作用においては、触覚、とくに力を感じさせる仕組み、あるいは、物体の表面の感触、物を掴むような感覚、等の実現が、現在のVR分野での1つの大きな研究目標となっている。

2.4 環境の体験

上で述べた人間の感覚を通して、体験を一歩少なくとも何らかのリアリティを感じさせるやり方でどう実現するかがVRを有効なものとする最も重要な問題と言えよう。しかしながら、前節に述べたように現実に感覚を生じさせる手段として使えるものはいまのところ限られており、従って環境の体験も次にあげるように、それらの感覚生成手段に密着したものとならざるを得ない(図1)。

(a) 視覚系 現在はCGによる3次元映像の生成、および、それを立体視させる装置を色々の形態、スケールで組合せるものがほとんどである。例えば、画像端末上の陰影つき2次元映像から両眼立体視、それらを専用装置化したHMD(頭部搭載型のディスプレイ)に至る諸方式がある(図3)。

(b) 聴覚系 ステレオ音場をヘッドホンやスピー

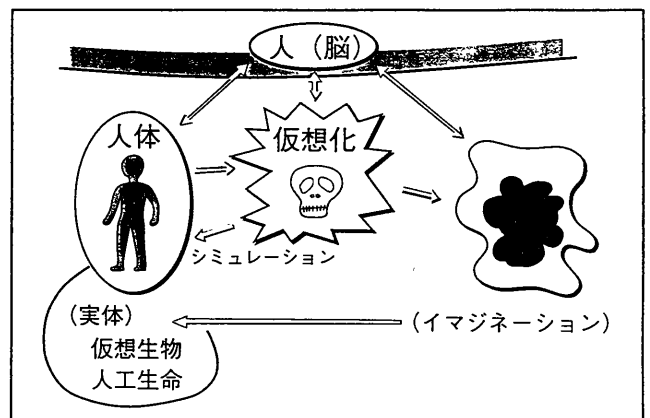


図2 医学における仮想化された人体と仮想現実

カーを用いて生成する。

(c) 触覚系 機械系と電磁系の色々な装置によって手や指先に反力、抵抗感、衝撃などを生じるようにする。現在のところ、大部分は実験室レベルにとどまる。

リアリティをもつ環境世界の体験は、実際には必ず環境との相互作用を介して行われる。応用によっては画像を表示するのみでも使えるところはあるが、環境との対話は極めて大きい要因である。環境が計算機内につくられる以上、それは計算機の対話使用の1つであり、そのためのヒューマン・インタフェースが重要な問題として生じる。また、逆にVRがインタフェースの新しい形として注目されている面もある。

インタフェースとしては、次のようにVRにおいて特徴的な面がいくつかある。

(i) 画像を介した3次元空間の操作—2次元画面を介して仮想3次元物体を操作することになる。また、画面にみる現実の中に自分自身(またはその一部)も見える必要がある。

(ii) ユーザの位置のセンシング—ユーザ自身が仮想環境に入り込んで相互作用を行うには、ユーザの位置を検知し、仮想環境の中に正しくおく必要がある。例えば、ユーザの頭部、手、目などの位置を検出する様々の装置が開発されている(図3)。

(iii) ヒューマン・リーダー—人間の発するあらゆる種類の情報を読み取る。例えば動きの検出(物理的意味において)(視線、口、目、頭部、手足、顔の表情、等々)の必要性は上述の通りであるが、さらに物理的な計測結果の意味を読み取る(コミュニケーションを成立させる)ためのパターン認識技術が伴わなくてはならない(図4)。



図3 仮想環境の体験の例
頭部搭載型ディスプレイ、および、手袋型セン

3. 医学におけるVR—仮想環境としての人体

3.1 仮想環境としての人体

医学におけるVRを考える場合、最も基本的で、かつ、特徴的な視点は「人体そのものを仮想環境とみる」、あるいは、「仮想環境としての人体」という視点であろう。以下この観点から少し考えを進めてみる。

まず、X線CT、MRI、PET、あるいは、超音波等によって人体は3次元的に計測されて計算機に入り、3次元画像として再構成される(現実の人体の仮想化、または、仮想環境生成プロセス)(図5)。再構成された計算機内の人体は、計算機内につくられた仮想環境とみなされ、我々はそれを様々な形で体験できる(仮想空間内の操作、または、仮想環境との相互作用)。

ところで、計算機内の人体は、X線、MRIもしくは超音波等々で計測した人体各部の物理的特性値の空間的分布、言い換えれば、それらの物理量をつくる「3次元物体」であって、実際の人体そのものではない。その意味で文字どおり「仮想の物体」である。しかしながら、それは、あくまで極めて具体的な個々の被検者の人体(いわば「実物」)と確実に対応のつくものである。また、もし診断・治療に役立つような使い方をするとすれば、仮想環境としての人体にどのように操作を加えるとしてもその結果や操作そのものの中では常に実物としての患者、被検者の人体に対応づけた意識が働いている筈である。その結果「実物としての人体」で適用し得ると判断されて始めて、診断・治療に採用できる。これは、いわば、仮想空間から現実への逆変換である(図5)。逆変換が可能なき、もし必要なら対応する操作が実物としての人体に対しても適用されるであろう。そして、このとき仮想空間

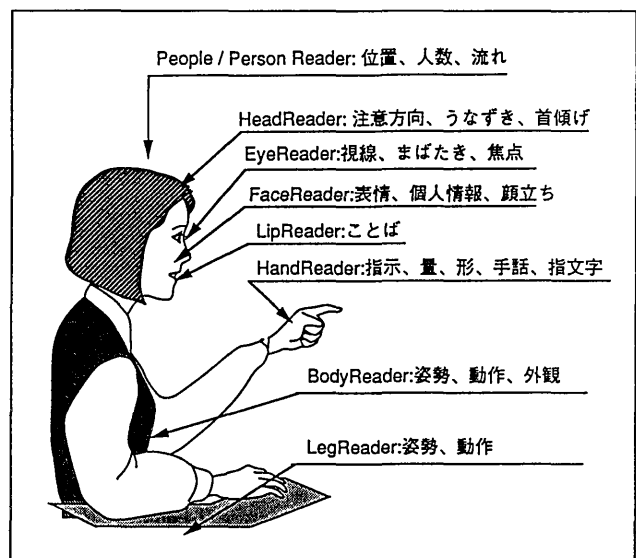


図4 人の発信する情報(間瀬健二1992より引用)

で行われた処理（操作）はシミュレーションとみることもできる（図6）。このような意味において、仮想環境としての人体は、一般の（全く人工的に生成できる）仮想環境（非物理的世界の発想に立つ仮想現実）とは異なる。その意味で、筆者はこれを「仮想化された人体（バーチャル化人体）」と呼んでおく。これを一般化すれば仮想現実に対して、仮想化現実（virtualized reality）という考え方に達する。

医学におけるVRは、まづ何よりもこのような意味においての「バーチャル化された人体」からなる仮想環境との相互作用、あるいは、この仮想環境を診断・治療に役立つ形で体験することであろう。

なお、2.2の物理世界との関係の観点から言えば、「バーチャル化された人体」は準物理世界であり、かつ、非物理世界にかなり近い所にあるといえよう（図7）。すなわち、現実の人体との対応を常に意識し、また、それが可能であるということは物理世界の反映であり、しかもなお、現実には適用はできないような処理もできるという意味において準物理世界である。しかし、人体の物理的特性には未知の部分が多く、また、形態的情報が保たれていれば、物理法則からの多少の逸脱は許されているという点において非物理世界といった方がよいであろう。

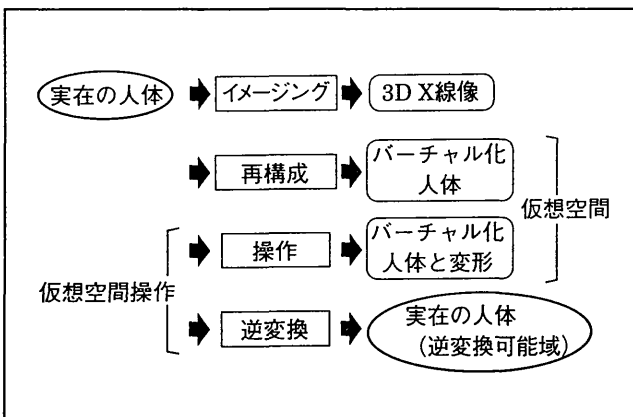


図5 人体の仮想化の過程と仮想空間における操作

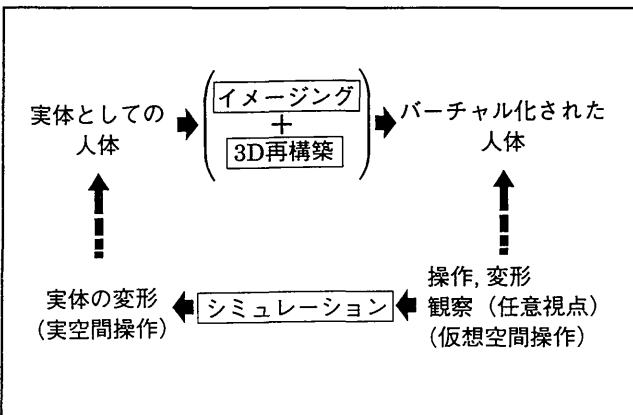


図6 仮想化された人体の操作とシミュレーション

また、「バーチャル化された人体」は一般的なモデルではなくて、あくまで個々の患者、被験者そのものである。このことは、単なるアニメーションや解剖学の教科書の図（いわゆる人体アトラス）とは全く異なる大きな特徴である。

さらに、センサ（もしくはイメージング技術、いわゆるモダリティ）が変われば異なる仮想化人体が同一の被検者からでも生じ得る。このためユーザ（医師）は複数の仮想化された人体を正しく対応づけて統合し、より高次の仮想化された人体像をつくりあげる必要がある。この作業の中での位置的対応を求める処理を自動的に行うための手法（いわゆる位置合わせ、レジストレーション(registration))は最近のコンピュータ・ビジョンにおいて活発に研究されている分野の1つである。

3.2 バーチャル化された人体に関する補足

バーチャル化された人体が実物としての人体ではないことは前節で述べた通りである。しかし、もしそうならば従来のX線写真が既に仮想のものであった筈である（もっとも、2次元のハードコピーにとどまったため対象物を操作するという感じはなかったであろう）。しかし、現在では医師にとって通常のX線像に見える人体組織が特に「仮想」として意識されていないのではないかと推測する。筆者の勝手な推測であるが、これは、X線発見後100年の間に、「X線像」と「実物」の対応づけに関して無数の蓄積がなされ、経験豊かな医師の頭の中にはX線像と実物の対応関係は「無意識的」と言えるほどに自然な知識として入っていることによるものと思われる（もっとも前半50年は画質が悪くて、得られる情報も少なかったかもしれない）。これこそ「X線診断学」の賜—というよりX線診断学そのものではないであろうか。それと比べれば、X線CTやMRIの歴史は格段に短かく（その上、イメージング技術の急速な進歩で元になる画像そのものの変化も激しいから、上記の意味での診断学を

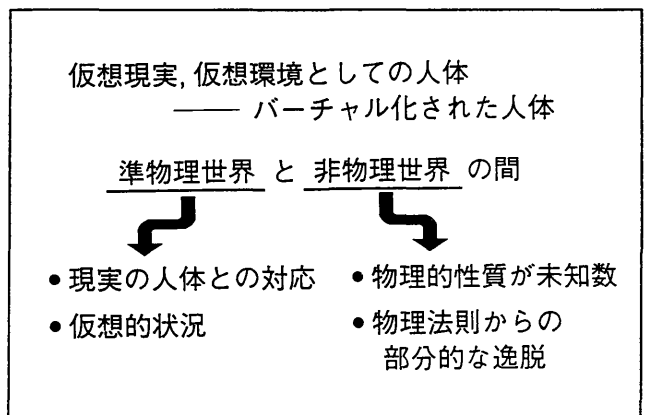


図7 物理世界としての仮想化された人体

蓄積する“暇”が無い?)、しかも、3次元構造を扱うという新しい要因も加われば、「仮想化された人体」であるという実態があらためてより明確に知覚されるとしても不思議は無い。

一方、このように考えてくると、それでは人間(医師)が理解している実物としての「人体」は何であろうかという疑問に行当る。それは目でみ、手でさわって得た知識(感覚?)であろう。しかし、目で見たとすることは、たまたま、対象から反射(透過)してくる可視光を感知したということであって、X線とは波長(もしくはエネルギー)の差異にすぎない。また、可視ということにこだわるならば、人体の内部を自然な状態でみること(外科手術においてたまたま損傷を受けていない部分を見るという極めて特殊な場合を除いて)元々不可能であったから、「実物」を目で見たものとして定義することには矛盾がある。ものの「形」については、CG技術によればかなり高いリアリティのものが生成できるから、イメージング技術の方に人の目に匹敵する解像度が備ってくれば(「形態」に関する限り)仮想化された人体でもいくらかでも近づける。触覚の方はいまのVRではまだ未熟であるが、仮想化された人体を手でさわるといふことの可能性も十分有り得る。

また、1でも述べたように、X線以外にもMRI、超音波、PET、など色々のセンシング手法に基づく「仮想化された人体」ができるから、これらをどのように考えるか。可視光で見たものもこの種の色々ある「人体」の中の一つであるのか。余談であるが、鳥の目や昆虫の目は人間の視覚とはかなり異なる特性を持っているため、鳥が見ている“世界の色の模様”は人間がみているものとはかなり違うそうである。保護色や擬態はこのことを前提として始めて成り立つ。仮に鳥が人の視覚に見えるものと同じ映像を見る手段を獲得したら、鳥の目に対してはバーチャル・リアリティであろう。

このように、医学におけるVRを考えるにあたって、逆に現在医師が実物として理解している人体は何かということも考えてみる必要がある。

一方、機能面においては、現在の仮想化された人体はほとんど何もできていないし、実現の見通しも少ない(むしろ全く未知数であるといえる)。しかし、その主たる原因はイメージング系の能力の限界にあり、そこに解決策が見つければもちろん実現の可能性は大いにある。例えば、拍動する心臓の仮想化も実現は夢ではない。

なお、virtualized realityという言葉は、ビジョンとロボット工学の権威である金出武雄教授(カーネギーメロン大学)も使っておられるが、その内容は筆者の

上記の意味と一致している。その他、augmented reality, enhanced realityなどの言葉もみられるが、詳細は省く(余談ながら「バーチャライズド・マン」という小説もある)。

3.3 仮想環境としての人体の体験

仮想環境としての人体を体験するという観点からVRを眺めてみるならば、次のような見方ができよう。

(1) 環境の探索-検査のシミュレーション 環境を探索することは、仮想化された人体の様々な位置に視点をおき、自由に内部を動きまわることによって実現される。これは、診断および検査のシミュレーションとも言えるが、あるいは、将来は診断もしくは検査そのものとみなされるようになるかもしれない。例えば、既に大半の3次元CT、MRI画像に対して、特定の臓器の形状を様々な方向から眺めることが行われている。またヘリカルCTによる3次元像から生成された臓器の内壁、外壁像を断面を連続的に変えて表示することもその一種である。しかし、現状では視点やみえ方の調整は柔軟性に乏しく、また、使う側にも対話型の診断ツールとしての位置づけは必ずしも明確でないように見える。それでも、一部にはしきい値処理による関心対象組織の切出し(しきい値の対話的微調整も含む)に始まり、3次元表示に至る処理を診断プロセスとして明確に意識する考え方が出てきており、今後の発展を期待したい。

さらに、筆者らが最近試みている気管支像の内部を自由に移動する画像はまさしく気管支内視鏡のシミュレーションである(図8)。それは、単に実際の内視鏡をシミュレートすることではなく、気管支内の任意の場所へ任意の向きに移動することができ、また、患者に苦痛を与えることなく、非熟練者でも何回でも操作できる、定量的特徴量を計測できる、等の実際の検査にはない特徴を有する。ただし、表面の色やきめのような質感(テクスチャ)に関する情報は無い。仮想化人体の探索は、人体構造の学習や検査の手技の訓練にも効果を発揮するものと思われる。

(2) 環境の操作・変形-手術シミュレーション 環境に作用し、その構造を変えてみることも計算機内に環境が作られていれば自由にできる。その代表例として手術シミュレーション、あるいは術前の手術計画支援システムがある(図9)。現在実現しているのは骨を主な対象とし、仮想化人体に対して骨の切断、移動、接合、あるいは、人工骨のはめ込みなどの操作を反復適用してより良い計画、手術手順、あるいは、人工骨などの埋込み部品を求めるシステムである。具体例については既に多くの論文、解説があり、また、本稿でも再度具体例の項で紹介の予定であるため、詳細

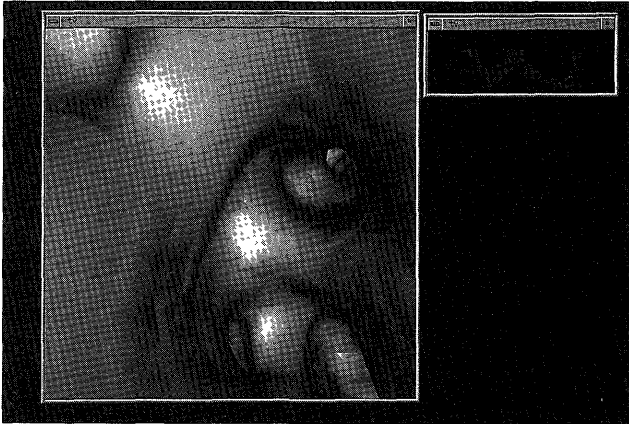


図8 仮想環境の探索—仮想化された気管支内視鏡検査

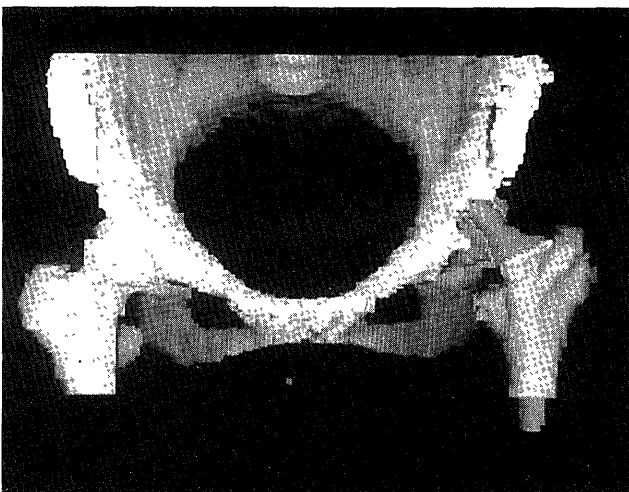


図9 仮想環境の操作・変形—外科手術のシミュレーション

は省く。

5. むすび

本稿ではVRに対する考え方について整理を試みた。VRの応用についてはもう少し具体的な事例や今後の可能性を紹介することが期待されていたかもしれないが、それについては次の機会にゆずる。

最後に、一般的に物事の認識という点においてVRは極めて大きな影響を与えると思われる。例えば、まず仮想空間の探索—主として視覚による—についてみると、視点の対象に対する位置や視線の方向が全く自由に選べること、観察者自身の大きさととの相対的關係もやはり自由にとれること（それは、どんな大きさのものであっても常に観察者の等身大のサイズ、スケールで観察できることでもある）、そして、この両者を合わせた結果として対象物を内部外部の区別なく、自由にみられること、などの特徴をもつ。次に、環境、対象物との相互作用という点では、対象を自由にさわり、変形することが許される。

また、「バーチャル化された人体」は、いわば、自

分自身の客観化、データ化であり、その結果のもつ情報量はこれまでの写真等の比ではない。これらの諸要因がもたらす具体的な効果は極めて大きいと思われるが、実のところまだ筆者にもよく把握できていない。但し、目下の所バーチャル化できるのは主に形態学的な情報であって、機能的情報は入っていない。今後さらに機能的情報が加わった場合にはどのようなになるか、すぐには予想がつかない。

ところで、今年はX線発見（1895）100周年ということで色々の特集記事、記念行事が企画されている。厳密には101年目に入っているため、新しい世紀に入ったという言い方もされている。さらに、他のでき事も考え合わせると、この100年は一層重要で面白い年数になっていることがわかる。

まず、映画が全く偶然にも同年の発明とされる（フランス、リュミエール兄弟、1895）。画像処理で言えば動画処理のスタートである。次に、この100年の中間点の50年目にデジタル計算機が登場する（ENIAC完成 1946年）。さらに残り50年の中間点付近でこの両者が結びついてCTスキャナが実用化される（EMI社CTスキャナー 1971～1973年頃）。それからおよそ25年経過しようとしている現在、次の画期的な技術の萌芽が見られても不思議はない。ヘリカルCTに代表されるCT技術の革新と3次元画像の急速な発展、それらとコンピュータの諸技術が結合したバーチャル・リアリティはその可能性の一つではないであろうか。

参考文献（個々の参照箇所を示すことはしないが、参考にした文献を挙げておく）

1. 館暁、広瀬通孝監修著：バーチャル・テック・ラボ、工業調査会、1992
2. 養老孟司：からだの見方、ちくま文庫、筑摩書房、1994
3. 座談会—画像診断の進歩—X線発見100年を迎えて—、日本医事新報、3691号、pp.3—16(1995.1)
4. 特集1：レントゲン発見100周年、Medical Imaging Technology, 13, 1(1995.1)
5. トーク・ショー バーチャル・リアリティと医学の出会い、準備資料およびビデオテープ記録、第24回医学会総会総合医学展示（1995.4.9）
6. シンポジウム1「KINEMATIC RADIOLOGY」、第54回日本医学放射線学会発表会抄録集、日本医学放射線学会雑誌、55, 2(1995.2)
7. 特集：手術支援と医用画像処理、Medical Imaging Technology, 12, 5(1994.9)
8. 横井茂樹：バーチャルリアリティの医学応用の動

向と展望, *Medical Imaging Technology*, 12, 5, pp.606-611(1994.9)

9 土肥健純: コンピュータ外科と画像処理, *Medical Imaging Technology*, 12, 5, pp.612-618 (1994.9)

10. 鳥脇純一郎: 3次元医用画像処理の現状と将来、3次元画像コンファレンス'95講演論文集 (1995.7) (印刷中)

11 NHK取材班編: 脳と心ービジュアル脳と心のデータブック、驚異の小宇宙・人体Ⅱ別巻、NHK出版、1994

12 N.Ayache ed.: *Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine*, *Lecture Note in Computer Science*, 905 (1995)

13 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、片田和廣、安野泰史: 医用3次元画像における管状図形抽出と気管支内視鏡画像のシミュレーション、3次元画像コンファレンス'94講演論文集、pp.269-274 (1994.7)

14 松岡正剛監修: 情報の歴史、NTT出版、1990

15 内藤誠: 映画100年の事件簿、集英社文庫、集英社、1995

16 エイミー・トムソン、田中一江訳: ヴァーチャル・ガール、ハヤカワ文庫SF、早川書房、1994.10 (Amy Thomson: Virtual Girl)

17 ウィリアム・ギブソン、浅倉久志訳: ヴァーチャル・ライト、角川書店、1994.11 (William Gibson: Virtual Light)

18 チャールズ・プラット、大森望訳: バーチャライズド・マン、ハヤカワ文庫SF、早川書房

19 間瀬健二: 動画像処理を用いた新しいマンマシンインタフェースの研究、名古屋大学大学院工学研究科学位論文、1992

20 マイクル・クライトン作、酒井昭伸訳: ディスクロージャー、早川書房、1993(M.Crichton: Disclosure)

トピックス

震度7に触発された支援の一形態について

松本 徹*

CT検診車が被災地神戸へ出動となった経緯を述べることで「支援」の話題としたい。放医研では、現在、(財)結核予防会千葉県支部および(株)日立メディコと共同で、「ラセンCT搭載車による肺癌検診システムの構築に関する研究」を実施中である。昨年11月本共同研究は正式に発足し、ラセンCT検診車が一般に公開された。その様子が、新聞やテレビで報道されたことが後に、日本赤十字社の目にとまり今回の医療支援活動につながった。

次に重要なのは結核予防会が、'95年正月明け早々CT検診車を使用する予定があり、これに間に合わせるため、日立メディコと共に暮れと正月を返上して検診車の動作試験およびラセンCTの各種調整をおこなったことである。

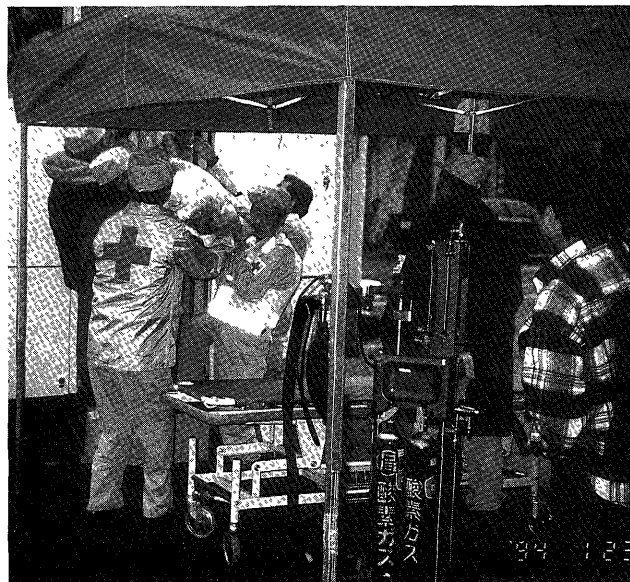
ここに、たまたま大震災の直前、CT検診車出動の準備が整ったことになる。そして地震が発生し、我々は神戸へ向かった。ラセンCT検診車による阪神・淡路大震災医療支援はまさに必然の行動であったかのようにみえる。

しかし、実はそうでなかった。当時我々(私)は、CT検診車と共に被災地へ行くことを想定していなかった。CT検診車が災害医療・救急医療の道具になると最初に気が付いたのは、地震でCTが動かなくなりCTをもっとも必要とした神戸赤十字病院の上林院長先生であった。我々は日赤から出動要請を受けてはじめてそうだと気が付いた。

ラセンCTの開発は、CTによる肺癌検診の概念を生み、冠状動脈の石灰化や骨粗鬆症、肺気腫のスクリーニングへと多目的に応用を拡大しつつある。が、もし震度7の刺激がなかったら、CT検診車が災害医療・救急医療にも役立つことを真剣に考えた人は出なかったかもしれない。今回のCT検診車による医療活動の経験は、時と場所が平時と異なって設定されたために生じた新しい支援形態の一つと考えられる。それにしても、そのきっかけが、人の生死にかかわる現場で「支援システム」を切望した医師から発せられたというのは「やはり」というべきであろう。



神戸赤十字病院前に据え付けられた高速らせんCT検診車、朝9時から夜9時までの12時間勤務体制がとられた



人工呼吸器を装着した患者の搬入状況



コンピュータ支援画像診断学会 第5回学術講演会開催案内および論文募集

CADM第5回学術講演会を下記要領で開催いたしますので、論文のご投稿ならびにご参加をお待ち申し上げます。予稿の原稿用紙は第11号に同封されていますので、論文投稿にはそれをご使用ください。

なお用紙が不足した場合には、牛尾まで連絡してください。

記

主催：コンピュータ支援画像診断学会

共催：コンピュータ外科学会

期日：平成7年10月12日（木）、13日（金）

会場：国立がんセンター内 国際研究交流会館
東京都中央区築地5-1-1（次ページの地図参照）

大会長：牛尾 恭輔（国立がんセンター中央病院放射線診断部）

原稿の書き方：原稿は第11号に同封された用紙を使用し、和文または英文で記載してください。A4サイズで2枚です。送付された原稿を87%に縮小して論文集としますので、黒を使用し、タイプあるいはワードプロセッサ（24ドット以上）により、枠内に納まるように作成してください。最初のページはタイトル、著者（講演者には○印）、所属、英文Key Wordの順に記載し、二段組の部分の最初に英文抄録を記載してください。英文抄録は200語以内とします。英文抄録の後に、1行空けて本文を続けてください。文字の大きさはタイトルは14ポイント（20Q）、本文は10ポイント（14Q）程度、一行21字詰が適当です。

投稿方法：1）上記原稿（A4版2ページ）
2）その原寸大コピー1部
3）論文題目、著者、所属、連絡先を書いた用紙
1～3）をまとめて下記送付先までお送りください。

投稿期限：平成7年8月5日（土）

参加費：会員および非会員 3,000円、学生 1,000円

論文集：会員 2,000円、非会員 4,000円（大会当日配布）

懇親会：10月12日（木）の学術講演会終了後に懇親会を予定しておりますので、是非ご参加ください

原稿送付先および問い合わせ先：〒104 東京都中央区築地5-1-1

国立がんセンター 中央病院 放射線診断部 牛尾 恭輔

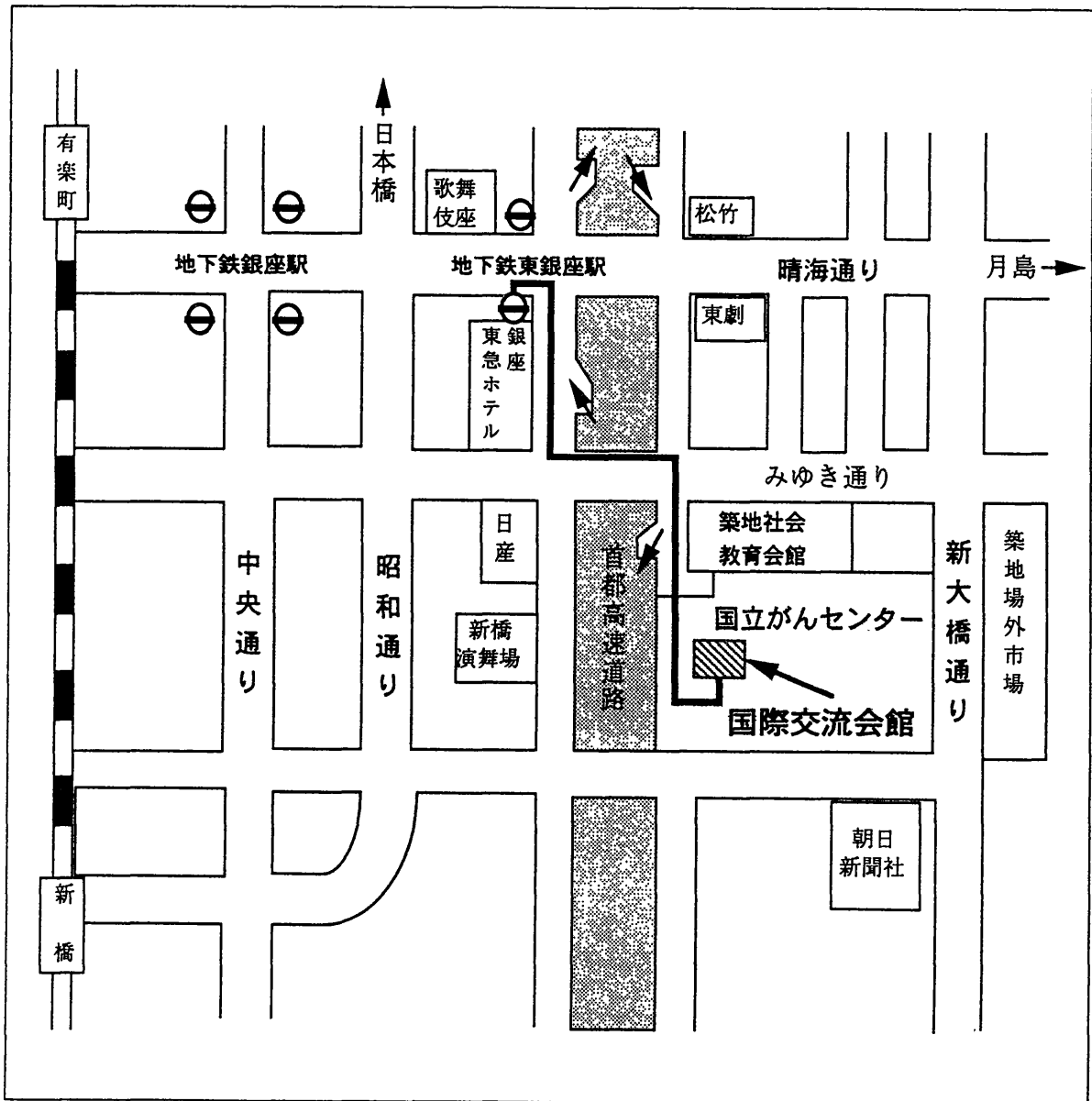
TEL 03-3542-2511、FAX 03-3545-3567

なお、今回は第4回コンピュータ外科学会との合同開催で、論文集も両学会の合冊となります。参加者は両学会のセッションに自由に参加できます。

●特別合同企画のお知らせ

今回も前回と同様にコンピューター外科学会学術大会との合同大会といたしました。そして特別合同企画として、A. がんセンター内の総合画像情報システムのデモンストレーション、B. 合同シンポジウム：「三次元画像の診断と外科治療への応用」、C. 特別講演：「Robotic surgery-past, present and future」(Russel Taylor Ph.D.;IBM Watson Research Center, NY)を行うことになりました。特にAでは①スーパーコンピューターシステムを利用した画像データベース、②6Mbps専用デジタル回線を用いた他施設間とのハイビジョンテレラジオロジー、③デジタル画像を利用したテレメディスン、のデモンストレーションを行います。これらのシステムは最近、国立がんセンターに導入されたスーパーコンピュータと他の医療機関に結ばれた光ファイバーを使って、最新の総合画像情報システムを病院内の現場でお見せ致す予定です。
多数のご参加をお待ちしています。

《会場付近の地図》



地下鉄東銀座下車（日比谷線、都営浅草線） 徒歩3分
 JR新橋下車 徒歩15分 JR有楽町下車 徒歩17分
 駐車場はありませんので、お車はご遠慮ください

学会研究会情報



- 学会名 : 日本医用画像工学会第14回大会(JAMIT Annual Meeting '95)
- 開催日 : 1995年7月13,14日
- 開催場所 : 東京・国立国際医療センター内国際医療協力研修センター
- 連絡先 : 101 東京都千代田区内神田 1-7-6 北大手町ビル4F JMCP内
日本医用画像工学会事務局 永岡、山添
Tel: 03-5281-0456 Fax: 03-5281-0457
- コメント : 日本医用画像工学会が年1回開催する全国大会。今回はX線100周年記念講演をはじめ、様々な企画が予定されている。(中京大学:長谷川)

- 学会名 : 第50回日本消化器内視鏡学会
- 開催日 : 1995年9月28~30日
- 開催場所 : 東京プリンスホテル
- 連絡先 : 〒105 東京都港区西新橋3-25-8
東京慈恵会医科大学 内視鏡科 Tel:03-3433-1111 内:3181
- コメント : 内視鏡画像処理による定量診断や超音波内視鏡の三次元表示などの演題が散見される。工学系からの積極的な発言に期待。(珪肺労災病院:森久保)

- 学会名 : 第36回日本肺癌学会総会(会長 山口 豊教授)
- 開催日 : 1995年10月17~18日
- 開催場所 : 幕張メッセ 国際会議場(千葉市美浜区中瀬2-1)
- 連絡先 : 〒260 千葉市中央区亥鼻1-8-1
千葉大学医学部肺癌研究施設外科内 第36回日本肺癌学会総会事務局
Tel: (043) 222-7171, ext.5463 Fax: (043) 226-2172
- コメント : 肺癌に関するあらゆる分野の演題が発表される。画像診断の中で肺癌陰影のCT三次元表示に関する演題も発表されると思います。(札幌厚生病院:森)

- 学会名 : MRCAS '95 (2nd International Symposium on Medical Robotics and Computer Assisted Surgery)
- 開催日 : 1995年11月5~7日
- 開催場所 : Baltimore, Maryland, USA
- 連絡先 : MRCAS '95 Program Office, Shadyside Medical Center Suite 309, 5200 Center Avenue,
Pittsburgh, PA 15232, USA
Tel: 412-623-2673 Fax: 412-623-1108
E-mail: mrcas@ortho.cor.ssh.edu
- コメント : 医療用ロボットとコンピュータ外科学に関する国際シンポジウム。今回のスポンサーは Johns Hopkins Institutions など。(中京大学:長谷川)

- 学会名 : 第66回日本超音波医学会
- 開催日 : 1995年11月22～24日
- 開催場所 : パシフィコ横浜
- 連絡先 : 〒223 横浜市港北区日吉3-14-1
慶応義塾大学理工学部電気工学科 Tel:045-563-2045
- コメント : 医療のあらゆる分野から演題が集まる。超音波関連医用機器展示やファイヤーサイドトークも楽しみ。(珪肺労災病院:森久保)

- 学会名 : SPIE 96 (Medical Imaging 96)
- 開催日 : 1996年2月10～15日
- 開催場所 : Newport Beach, CA USA
- 連絡先 : P.O. Box 10, Bellingham, WA 98227-0010
Tel:360/676-3290 Fax:360/647-1445 E-mail:spie@spie.org
- コメント : SPIE(Society for Photo-Optical Instrumentation Engineers)の主催するMedical Imagingに関する国際会議。北米放射線学会(RSNA)が臨床面中心の医学会であるのに対して、本学会は医療画像の形成・処理ネットワーク通信に渡る技術面中心の工学会である。当学会でも岐阜大/藤田先生やソニー/日下部さん等が研究発表している。(富士フィルム:中島)

- 学会名 : VBC '96 (4th International Conference on Visualization in Biomedical Computing)
- 開催日 : 1996年9月29日～10月2日
- 開催場所 : Hamburg, Germany
- 連絡先 : Institute of Mathematics and Computer Science in Medicine (IMDM), University of Hamburg
Martinistrasse 52, 20246 Hamburg, Germany
Tel: +49-40-4717-3652 Fax: +49-40-4717-4882
e-mail: vbc96@uke.uni-hamburg.de
- コメント : 画像処理、CG、仮想現実の方法論から診断・治療における可視化応用まで幅広い範囲をカバーする国際会議。(中京大学:長谷川)

S P I Eへ参加して—MとEの協調—

岡崎 宣夫*

今年のS P I Eは、例年のニューポートビーチからさらに南下したサンジェゴで開催された。周辺は、日本で見かける事の少ない大型クルーザーが所狭しと並ぶヨットハーバーと軍艦の並ぶ港である。気候が良い事からリゾート地として有名でありかつ老後を楽しむ人が住むところでもある。折からアメリカンズカップの予選が沖合いで繰り広げられ、日本艇はなんとか予選をクリア出来そうとの情報が得られていた。サンジェゴの冬は、温暖で過ごし良いと期待に胸を膨らませて会場へ向かったが、私が着いた日からなんと東京とほぼ同じ位の寒さになり、防寒具に身を固めての会場入りとなった。

本学会の研究領域は、5つのカテゴリーに分けられている (Image Display, Physics of Medical Imaging, Physiology and function from Multidimensional Imaging, Image Processing, PACS Design and Evaluation : Engineering and clinical Issues)。CADは、Image Processingのセッションの中に11演題あり、乳癌に対するものが主に発表されていた。参加者数は、約1000人、一人15分から20分の発表時間でデュアルスライドプロジェクションまたは、OHPによる余裕のある発表形式で進行されていた。発表分野が多岐に亘り、全てをレポートするのは困難である。

そこで私が1991年より参加しているPACS関連の発表について若干の印象を参考までに紹介する。当初は、多くの発表が極めて技術的なため、医用物理の知識に乏しい私には理解困難なものであった。一体どの様に臨床に役立てる事が出来るのかなと思える発表も多く見受けられたが、最近になり発表内容は、より臨床現場に近づいたものが増加し具体的になっている。また技術系の発表ばかりでなく現場の医師による実践的な問題提起が示され、医用物理学系の技術者と医師の協調の基に研究された内容である事を伺わせる発表が多くなっている。このような観点でのPACS Design and Evaluation セッションでの注目点を以下に紹介する。

第一は、広域な遠隔診断システムとしてのデザインである。ここでは、実運用に向けてのPCベースのWS、マンマシンインターフェースの開発 (画像の表示とハンドリング、画像の関心領域の共有化、リモートコマンド方式、ビデオ表示など) や画像の配送手段

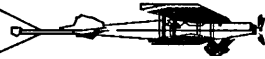
(衛星通信、インターネット、ISDN、ATM、T1コネクション)などをキーワードとしてこれらの技術を駆使したシステムの臨床的経験に基づくものが多くなってきた事が注目された。一方、病院内PACSは、広域ネットワークの起点として位置づけられ、DICOM3をベースにしてHL7によるHIS-RIS連携などの標準化方式による情報ネットワークの広域化を計る必要性が強調されている。これらを臨床応用するために、第一に解決しなければならない実際面での問題と技術の整合に関する発表が増えている傾向にある。

面白い発表は、PACS使用による実業務評価である。ICUでのPACS使用により、ICU医師の放射線科医師へのコンサルト形態が変わるかの検討結果がペンシルバニア大学より発表されていた。これによると、読影していない画像データを直接ICUへ転送した場合、挿管チューブやカテーテルの位置に関するコンサルトは、従来60%あったものが40%以下に減少し、肺炎に関するコンサルトも80%以上が60%に減少したと報告している。これは、明らかに読影出来るような陰影は、たとえ参照用のWS (画質が低下していても) であっても画像診断医の報告を待つまでもなく担当医が判断している事を示している。

PACS領域の発表をまとめると世界の動向は、ここ数年で急速に臨床の世界へ近づこうとしている。今回のS P I Eでの発表に見られるように、医師がまじめに技術を評価し始めていることがこの事を示している。本学会を通じて感じられた事は、欧米の医用物理研究者は日本の研究者に比べ、医療従事者と長期間に亘る率直な検討を加えた結果を発表しているように思われる事である。これはPACS領域以外のこの分野について共通する事であろうが、教育や卒後の環境の差に依存する結果であろう。日本の現状では、残念ながらまだ教育段階から医療従事者と率直に意見を交換できる体制がない。また卒後のMとEの接点も少ないのが実状であろう。この分野の発展を勧奨すると、これらの対策を進めながら今後の研究体制や学会活動を整える事が、極めて重要である。この点を疎かにすると世界から取り残されて行くのではなどと思いながら帰国の途に着いた。

*：東芝病院 医療情報室 〒140 東京都品川区東大井6-3-22

ぎじゆつ



コンピュータ支援画像診断と診療支援

稲岡 則子*

コンピュータ技術の進歩は、医療の場において高度情報化・広域化を実現しつつあります。近年のデジタル化した医用画像を保管・管理・利用する医用画像情報システムは、単なる画像ファイリング・システムとしてではなく、医療情報システムや地域の健康情報ネットワークと有機的に結合した総合健康情報システムへの展開が期待されています。

デジタル画像は画像処理技術や知的処理技術を含んだ情報処理技術を利用することによって、読影しやすい画像に加工・変換したり、計測・定量化したり、3次元視覚化することが可能です。コンピュータ支援画像診断 (CADM: Computer-aided Diagnosis of Medical Images) は、それらの技術を画像診断に積極的に利用しようとする究極の分野であると考えられるでしょう。

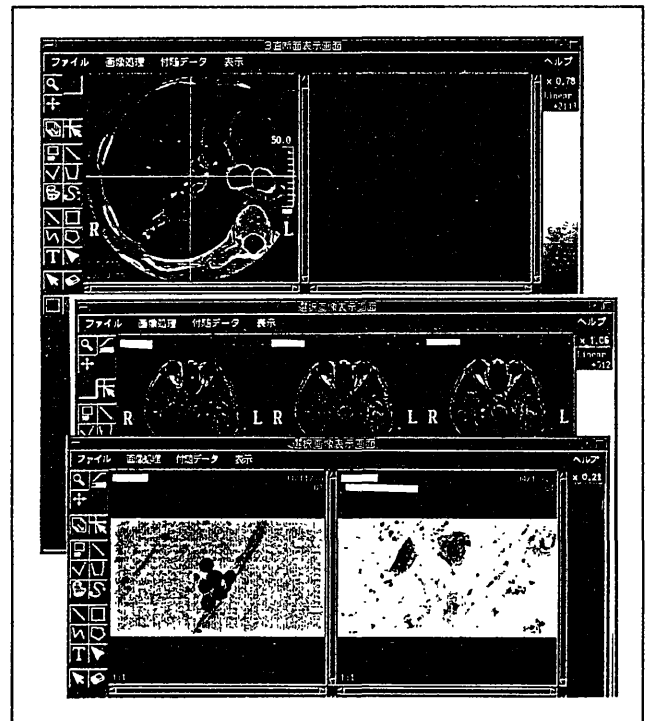
アイ・ピー・エムは、コンピュータ支援診断の観点では、米国ワトソン研究所で心電図の自動解析アルゴリズムを世界に先駆けて開発し、それを組み込んだ心電計を製品化した実績をもっております。

日本アイ・ピー・エム株式会社では、1970年東京サイエンティフィックセンター設立当初より、染色体のパターン認識などについて医療分野の画像処理の研究を行ってきました。胸部X線単純像上の肺野腫瘍陰影の自動抽出の研究を札幌医科大学と共同で実施し、肺がん陰影のある症例とない症例を対象とした量的実験の結果、平均正診率85%以上の結果を得ております。8年前には解剖学的な情報等を利用した1cmスライスのCT像からの3次元血管像再構築の研究などを実施してきました。また、治療計画を目的とした3次元画像解析システムのやバーチャルリアリティ技術を用いた医療アプリケーションについても研究開発対象分野です。

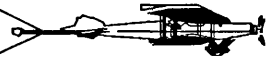
医療の現場における診療支援について考えると、個人の病歴や診療情報をより高度に管理するために、医用画像を含んだすべての診療情報を取り扱うシステムが望まれています。日本アイ・ピー・エム(株)では、医用画像を含んだ診療情報を病院全体にサービスするためのソリューションとしてIBM統合診療支援システム(CIS: Clinical Information System)の販売を行っています(図はそのシステムのMR・病理画像表示例です)。

保管した膨大な情報の中から必要なものを引き出すには、知的検索(Intelligent Retrieval)技術が重要であり、また、情報を知的に整理した形で提示することも必要となります。

大規模な画像データベースを考えると、画像情報から診療上意味のある特徴や組織をわかりやすく表示したり、定量的に計測したり、認識することは画像情報の知的整理・圧縮の一種と考えられます。つまり、コンピュータ支援画像診断の技術は直接の読影支援・診断支援につながるばかりではなく、その技術は診療支援上必要な基礎要素を生み出す源になるのではないのでしょうか。



*: 日本アイ・ピー・エム(株) 医療システム事業部



3次元画像への夢

増田 善昭*

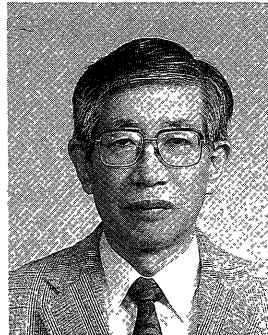
子供の頃、赤と緑の眼鏡を掛けて立体映画を見た覚えがある。はやけた平面像が眼鏡を掛けたとたんに立体像に変わり、スクリーンに飛び出して来るので、これはすごい発明だと感心した。今日、立体イメージは更に一段と進歩するとともに一般化し、眼鏡なしの立体映画が各種テーマパークで見られるだけでなく、千葉市幕張等いろいろな場所に恒設館も置かれている。また、ディズニーランドの幽霊マンション等、真に迫る3次元像を簡単に見ることができるようになった。最近、流行している3次元絵本(Magic eye)等も形を変えた立体イメージの一つであろう。

さて、医学の世界においても3次元イメージが出現し、臨床的に用いられるようになって久しい。図は先天性の多発性大動脈狭窄症の1例の5mm毎の連続CT像から作成した大動脈及びその分枝の立体像であり、各部の狭窄部の状態がよく示されている。CT、超音波画像、RI検査、MRI等を利用して作成されたこのような立体イメージは、血管、気管支、胆管など複雑な走行を取る構造物の診断、手術計画の決定、手術の模擬訓練等種々の利用法が考えられているが、一方では、2次元情報をコンピュータによって重ね合せた3次元像ではもとのデータとなる2次元像以上の何ものをも、空間的にも時間的にも、提供し得ないという厳しい批判もある。

とくに心臓の3次元イメージにあっては、心時相別

の像が必要であり、このような3次元像については私の専門である循環器系への応用はきわめて限られてくる。しかし、再構成法を必要としないリアルタイムの3次元像技術が完成すれば、循環器領域についてもより効率のよい、読み落しの少ない診断が可能になると思われる。DSR(Dynamic spatial reconstruction)はこのようなリアルタイム3次元像を目指してメイヨクリニックのWoodらにより1977年に開発されたCT装置

であるが、見事な失敗に終わってしまった。さて、現在、リアルタイム3次元像として期待を集めているものにMRIによる3次元エコープラナー法がある。この方法の原理は、MansfieldらによってMRIが出現した当初より明らかにされていたものであるが、これまでは臨床的には実用化されず夢の超高速MRスキャンと言われ続けて来た。先日、某研究会でシーメンス旭メディテイクの滝沢氏の



「Echo Planar法とその応用」という講演を拝聴したが、どうやらこの夢の実現も間近らしい。もちろん、最初はリアルタイム2次元像からということになると思うが、更なる3次元エコープラナー法の実現が楽しみであり、3次元像の診断的評価はこの時点で評価されなければならないだろう。1枚1枚画像をかきわけながら進んで行くのではなく、3次元の世界を自由に走り回って診断できる自分達を想像すれば、この3次元イメージングの価値は計り知れないものがあるに違いない。

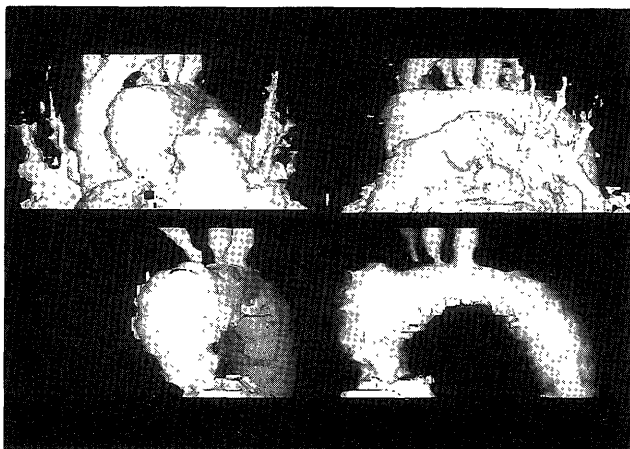


図 多発性大動脈狭窄症の3次元CT像

上段：大動脈基部の心、血管像

下段：大動脈および弓部分枝動脈のみを取り出した像

事務局だより



マンモグラフィデータベース発売中!

会員：10万円、非会員：20万円

CADMの医用画像データベースの第一弾として、マンモグラフィデータベースが発売されています。購入方法は次のとおりです。

(1) 購入申込書に記入、捺印したものをCADM事務局にお送りください。事務局より覚書を送付します。

(2) 覚書に記入、捺印していただき、事務局にご返送ください。覚書が届き次第、データベースを送付いたします。

詳しくは、ニュースレター第11号をご覧ください。

(切り取り線)

日 付 年 月 日

医用画像データベース購入申込書
コンピュータ支援画像診断学会 御中

住 所

所 属

氏 名

印

貴学会発行のマンモグラフィデータベースを下記のように注文いたします。

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. 購入セット数 (@10万円) | セット |
| 2. 支払い方法 (いずれかに○印を付けて下さい) | |
| a. 個人 | b. 所属機関 |
| 3. 経理関係書類 (いずれかに○印を付けて下さい) | |
| 見積書、納品書、請求書が | a. 不要 b. 必要 1.宛先は所属機関 |
| | 2.個人 |

事務局だより



名古屋大学・鳥脇研究室のご協力によりCADM会員間の電子メールによる連絡のための環境が構築されましたので、お知らせします。

会員間連絡用メーリングアドレスは、

cadm@toriwaki.nuie.nagoya-u.ac.jp

です。このアドレスに電子メールを送ると、メーリングリストに登録されている全会員に送信されます。現在、約40名が登録されています。

登録申込など、メーリングリストの管理者への連絡には、

cadm-admin@toriwaki.nuie.nagoya-u.ac.jp

をご利用ください。

<注意事項>

(1) Mailing List メンバー登録は自動ではありません。 cadm-admin まで御連絡下さい。なお、登録申込の際は、登録申込であること、氏名、所属、会員番号、電子メールアドレスを記入の上、お申込みください。

(2) Mailing Listに流れた過去のメールの検索機能は現在のところ使用不可です。

(3) Mailing Listに流れたメールに対して返事を書く場合、メールを読み書きするツールによって自動的に作成されるToフィールドに御注意下さい。これに関しては、後日 Reply-to が正しく添付されるように、設定の変更を行ないます。

(4) NiftyServeを利用してメールの受信を行なっている方は、メールボックスの容量にご注意下さい。基本的な契約の場合、メールボックスの容量は20通までになっているはずですが、できる限り、メールボックス容量拡張の契約を結ばれることをお勧めします。

(5) CADM会員の方で、メンバーリストに登録されていない方のメールアドレスをご存知の方は、cadm-admin までお知らせ下さいませようお願いします。

会員の皆様の

ご意見を

お待ちしております

編集委員一同

編集委員長：加藤久豊（富士フイルム） kato@miya.fujifilm.co.jp

編集委員：江馬武博（東芝） ema@mel.nasu.toshiba.co.jp

椎名 毅（筑波大学） shiina@milab.is.tsukuba.ac.jp

篠田英範（東芝） shinoda@os.nasu.toshiba.co.jp

中島延淑（富士フイルム） nakajima@miya.fujifilm.co.jp

縄野 繁（国立がんセンター東病院） snawano@east.ncc.go.jp

長谷川純一（中京大学） hasegawa@sccs.chukyo-u.ac.jp

松本 徹（放射線医学研究所） matsu@nirs.go.jp

森 雅樹（札幌厚生病院） TAE03517@niftyserve.or.jp

森久保寛（珪肺労災病院） MAF02661@niftyserve.or.jp

（あいうえお順）

CADM News Letter (1995年度 第12号)

発行日 平成7年6月30日

編集兼発行人 加藤久豊

発行所 **CADM** コンピュータ支援画像診断学会
Japan Society of Computer Aided Diagnosis of Medical Images

〒184 東京都小金井市中町2-24-16

東京農工大学工学部 小畑研究室内 Tel. & Fax. (0423) 87-8491