

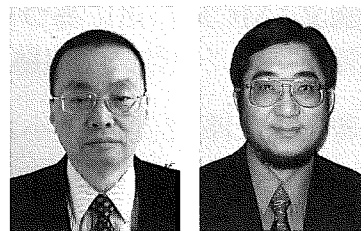
## 医用画像の研究最前線

仁木 登

徳島大学大学院

藤田 広志

岐阜大学大学院



### 1. まえがき

メディカルテクノロジーは今世紀最も進展が期待されている分野の一つである。その中で、医用画像が果たす役割は極めて大きなものである。イメージング技術においてX線CT, MRIの開発者にノーベル賞が授与されている。本学会において1999年に鳥脇純一郎教授等が中心となって医用画像研究会を発足した[1]。その主旨は(1)本分野の独立と活性化, (2)若手研究者の育成, (3)国際化(アジア交流)である。発足後8年が経過した状況である。ここでは、“温故知新”を基に8年間の研究会活動を数値的に振り返る[2]-[9]。また、代表的な研究成果を紹介して今後の進展を考える。

### 2. 医用画像研究会の活動状況

欧米においても本研究会の発足前後に医用画像関連の国際会議が新たに立ち上げられ、同分野が世界的に活発になって来た。代表的な国

際会議を挙げると International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI), Information Processing in Medical Imaging (IPMI), IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI), Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS) などである。各々は関心分野に特徴があり、世界各地で開催されている。興味深い成果が発表されているので参加を勧める。本研究会は北海道から沖縄の全国各地で年5回のペースで開催している。本年1月の研究会は Asian Forum on Medical Imaging 2007 として韓国済州大学で開催した。この会議の様子を図1に紹介する。日本側から約120名、韓国側から約40名、その他の国から約10名の参加人数となり、盛況であった。8年間の研究会の発表件数は合計877件であり、年度別発表件数を図2に示す。発表件数は着実に増加してますます活発な活動となっている。

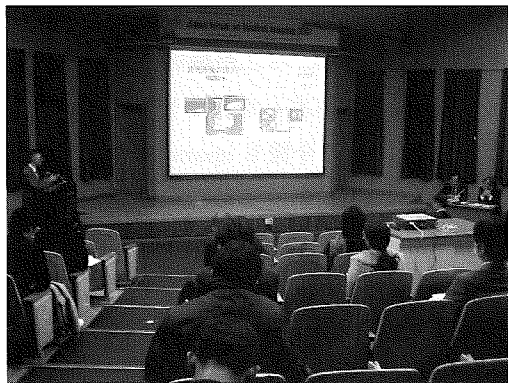


図1. Asian Forum on Medical Imaging 2007  
(韓国済州大学で開催)

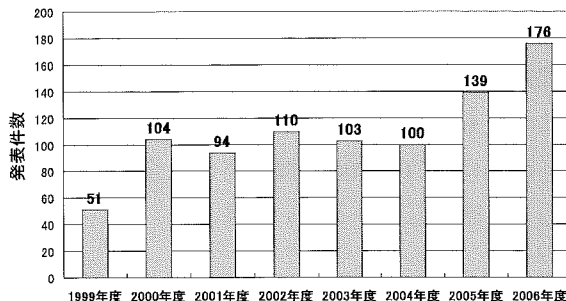


図2. 医用画像研究会 (MI) 年度別発表件数

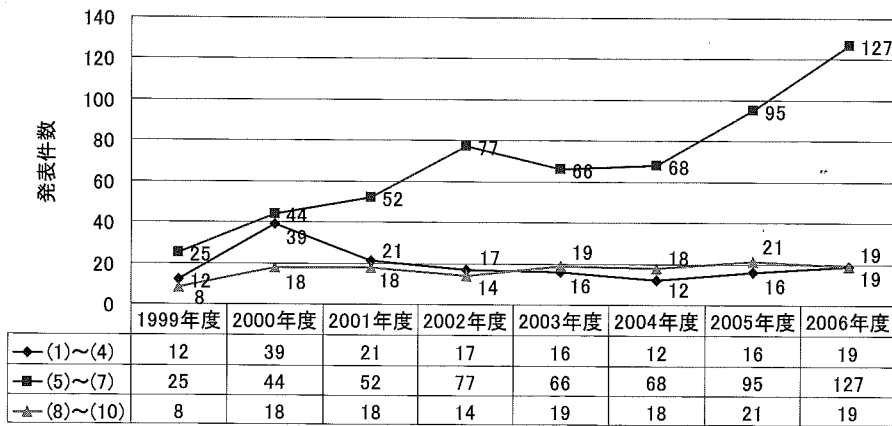


図 3. 分野別発表件数の推移

### 3. 医用画像研究会の対象分野と欧米の動向

本研究会の発表内容を分類すると下記が対象分野となっている。これを基に著者の判断となっているが、各分野別の発表件数を調査した。

- (1) 画像化 (X線 CT, MRI, PET, 光など)
- (2) 生体信号抽出・生体計測
- (3) 画像再構成法・復元法
- (4) 画像評価 (ROC 解析など)
- (5) 画像解析アルゴリズム (画質改善, 領域分割, 位置合わせなど)
- (6) 画像認識・理解アルゴリズム (パターン分類, モデルマッチングなど)
- (7) グラフィックス, インターフェイス, VR など
- (8) コンピュータ支援診断システム
- (9) コンピュータ外科システム
- (10) 医療情報システム (PACS, HIS, RIS など)
- (11) その他 (特別講演, フェロー講演など)

(1)~(4)をイメージング系, (5)~(7)を処理系, (8)~(10)をシステム系と大別し, 各系の年度別発表件数を図3に示す。8年間のイメージング系の発表件数が合計152件, 処理系が554件, システム系が135件である。処理系の件数がイメージング系やシステム系の件数の3, 4倍と多くなっている。処理系の発表件数は毎年増加

傾向にあり, イメージング系やシステム系の件数は横ばいの状態である。処理系の多くはコンピュータ支援診断 (コンピュータ外科) の臨床システムの開発を目的とする基礎的アルゴリズムや実用化アルゴリズムの研究開発である。特に, イメージング技術の進歩とともにコンピュータ支援診断 (コンピュータ外科) は関心の高い研究分野になっている。

この傾向は米国においても同様である。Radiological Society of North America (RSNA, シカゴ開催) におけるコンピュータ支援診断の研究発表は毎年増加している。同会議の様子を図4に, 最近5年間の臓器別発表件数を表1に示す (シカゴ大土井教授提供)。これには上記の分野で述べるとコンピュータ支援診断に関する(5)~(7)も含まれている。6万人を超える世界最大の国際会議であるので参加されたことのない方には勧める。また, SPIE Medical Imaging (サンディエゴ開催) は本年度 (2007) からコンピュータ支援診断の会議が新設された。各研究施設のCAD展示が有り, ますます盛況となっている。

### 4. 研究最前線の紹介

医用画像研究会の研究発表の中から代表的な研究を8課題紹介する。これ以外に勿論優れた

表 1. 最近5年間のRSNA臓器別発表件数

Number of CAD Papers Presented at RSNA 2002-2006					
	2002	2003	2004	2005	2006
Chest	53	94	70	48	62
Breast	32	37	48	49	47
Colon	21	17	15	30	25
Brain	2	10	9	17	12
Liver	5	9	9	9	8
Skeletal	7	9	8	5	7
Vascular etc	12	15	2	7	6
Total	134	191	161	165	180+

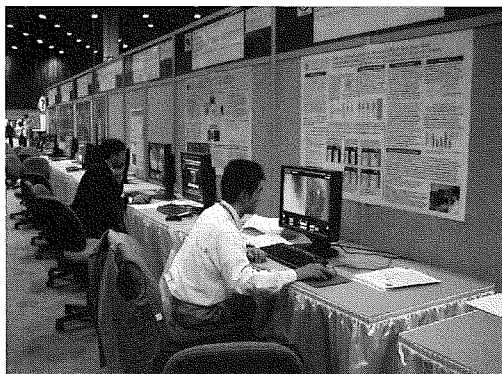


図 4. Radiological Society of North America (RSNA, シカゴ開催)

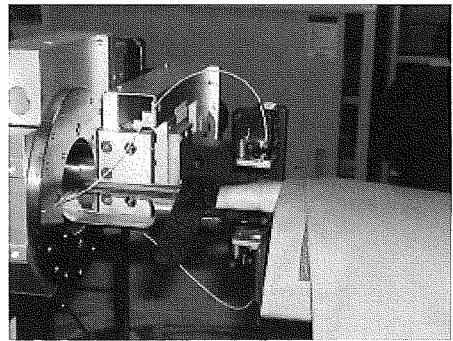


図 5. 光 CT 撮影

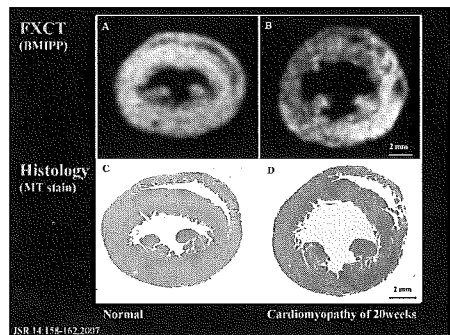


図 6. ハムスター心筋の繊維化

研究はあるが、今回はご容赦をお願いする。提供された研究概要を以下に示す。ご覧下さい。

#### (1) 光イメージング—赤塚研究室 (山形大)

反射光を用いて数 mm の深さまで画像化する OCT が実用化され、波長特性を利用して体内機能を探る光トモグラフィーなどの展開がある中、僅かな透過光を光ヘテロダイン法と干渉計とを駆使して光 CT も実現されている。図 5 は指の関節の光 CT 撮影を示している。この撮像法は、ファイバ方式で被験者の負担を軽くし、ファイバアレイを用いることで高速化を可能としている。また、波長の短い光、X 線の単色性を利用したイメージングも追及されている。筑波大学の武田らは、放射光を利用し生物医用イメージ

ングを試みてきたが、単色高輝度の X 線で励起して放出される特性 X 線だけを捉えることで、微量な物質分布が高分解能で描出でき、同時に観察できる透過減衰量による CT やコンプトン散乱を利用した形態描出の CT と融合することでの確かな判読ができる。図 6 はハムスター心筋の繊維化を描出した例である。単色 X 線の干渉計を構成し、この光路系での波の位相変化を描出することで、僅かな物質特性の変化を捉えることができる。この CT により、造影剤無しで軟部組織の変化を 3 次元で描出できる。ヌードマウスの大腸がんの例を図 7 に示す。

#### (2) MR イメージング—杉本研究室 (京都大)

心/呼吸同時同期にデータ取得時刻ずれ補正を加えた再構成法により得られた 4 次元タグ画像の時空間断面像 (時空間直交 6 断面と xy 断面上に指定された斜断面) を図 8 に示す。時刻ず

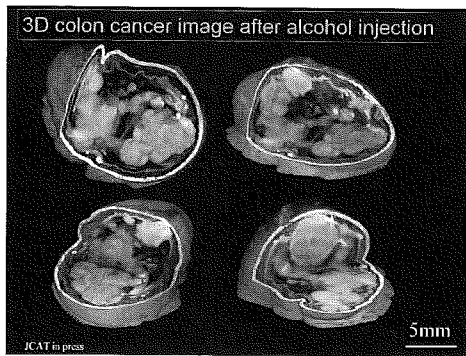


図7. ノードマウスの大腸がんの例

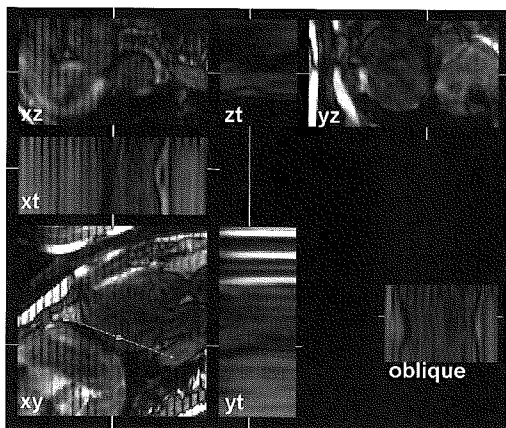


図8. MR イメージング

れ補正のためのk-t補間により、時空間全ての方向にタグが滑らかに変化する画像が得られている。

(3) 乳がんCAD—小畑・清水研究室 (東京農工大)

カスケード識別による乳房X線像からの腫瘤影検出精度の向上のための処理手順を図9に示す。乳房X線像上の腫瘤影のカスケード識別では、1次元空間上での単純な閾値処理による拾いすぎ (FP) 削減用の10層、10次元特徴空間上のMahalanobis距離比の閾値処理によるFP削減用の4層、詳細な識別処理を行う識別器アンサンブル1層、計15層を直列に配置している。AdaBoost法によって作成した1つの識別器アン

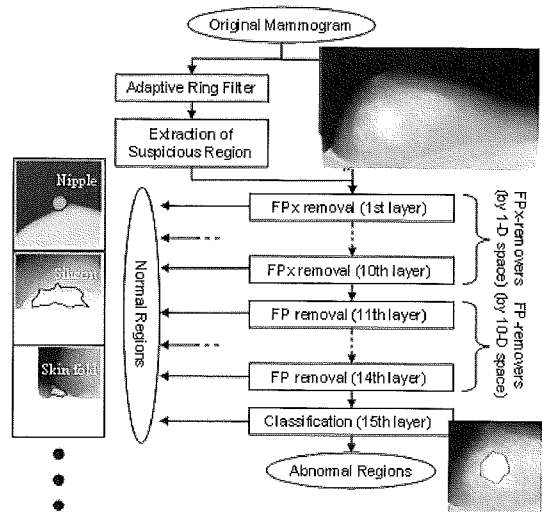


図9. 乳がんCADの処理手順

サンプルによる処理と比較して、識別性能は統計的に有意に向上し、計算コストも20%程度削減可能となっている。

(4) 脳CAD—藤田研究室 (岐阜大)

知的クラスター創成事業 (岐阜・大垣地域) における岐阜大学で開発中の脳MRのCADシステムの一例を示す。図10は、MRA画像における未破裂脳動脈瘤の検出例を示し、3次元MRA画像のMIP表示とボリュームレンダリング表示である。CADシステムが検出した未破裂動脈瘤の領域を中心にTarget MIP表示も行っている。図11は、MRI画像におけるラクナ梗塞の検出例を示す。CADシステムは、T1強調画像とT2強調画像を用いて画像の特徴解析を行い、ラクナ梗塞の可能性の高い領域を出力する。

(5) 肺がんCAD—仁木研究室 (徳島大)

肺がんCADは、肺がん候補の検出と検出された陰影の良悪性鑑別を支援する機能からなる。入力された胸部3次元CT画像から体、骨部 (脊椎・肋骨)、気管・気管支、胸壁・胸郭、縦隔領域・横隔膜、肺内領域・肺門部、肺血管 (動脈・静脈) の臓器を体系的に抽出し、この解析結果をもとに肺内領域や肺境界領域を検査し、孤立結節、

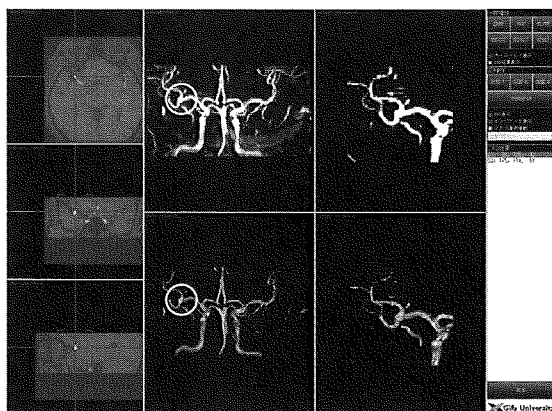


図 10. MRA 画像における未破裂脳動脈瘤の検出例

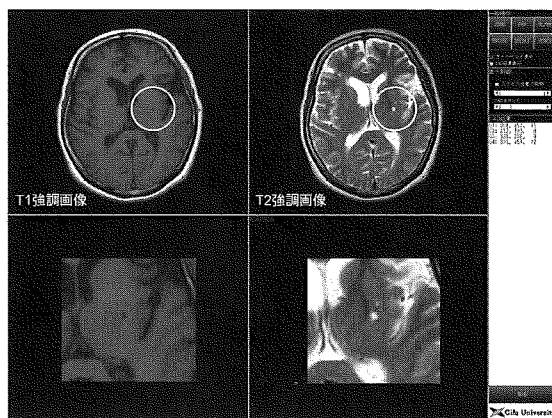


図 11. MRI 画像におけるラクナ梗塞の検出例

血管に接触する結節，胸壁・縦隔・横隔膜に接触する結節を検出する．図 12 に胸部構造解析の処理例を示す．図 13 には，これまでに開発した肺がん CAD システムの概観を示し，1996 年に開発した UNIX 版プロトタイプシステム，2000 年に経時画像の比較読影機能を拡張した UNIX 版システム，2003 年に開発した Windows 版システムである．

#### (6) 胸部臓器 CAS—田村・佐藤研究室 (大阪大)

大阪大学では九州大学と共同で胸腔鏡手術ナビゲーションシステムの開発を行っている．胸腔鏡下の肺がん切除においては，肺の空気を人工的に抜いて収縮（虚脱）させ，手術空間を確

保する．その際，虚脱後の肺がん位置が大きく移動するので，肺がん位置の把握が困難になる場合がある．本研究では，計算機支援による肺がん位置の予測を行うシステムの開発を行うことを目的としている．図 14(a) は，術中に位置合わせした胸郭と胸郭内部の虚脱肺表面をデジタル化したデータを表示している．図 14(b) は，推定された虚脱後の肺形状を示しており，矢印は虚脱前の肺がん（2つある）の位置を示し，矢頭は計算機により推定された虚脱後の肺がん位置を示している．図 14(c) は，推定された虚脱後の肺がん位置を胸腔鏡画像に拡張現実感表示を行った結果である．矢印は推定位置を示して

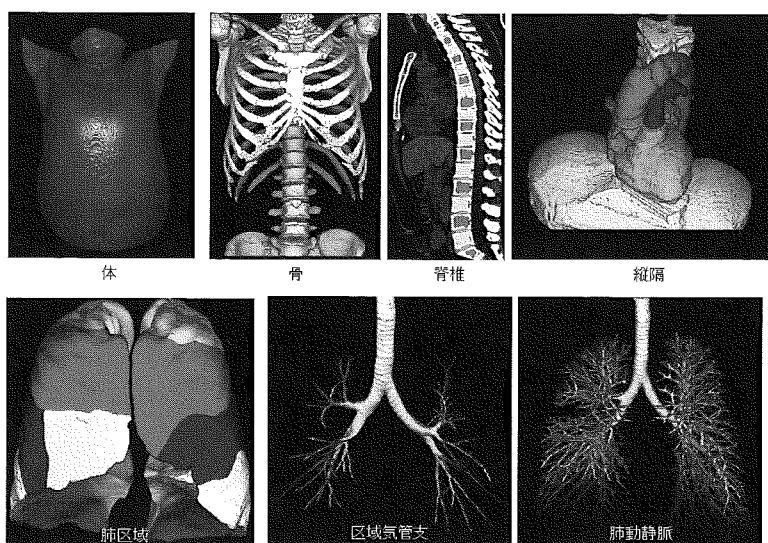


図 12. 胸部構造解析

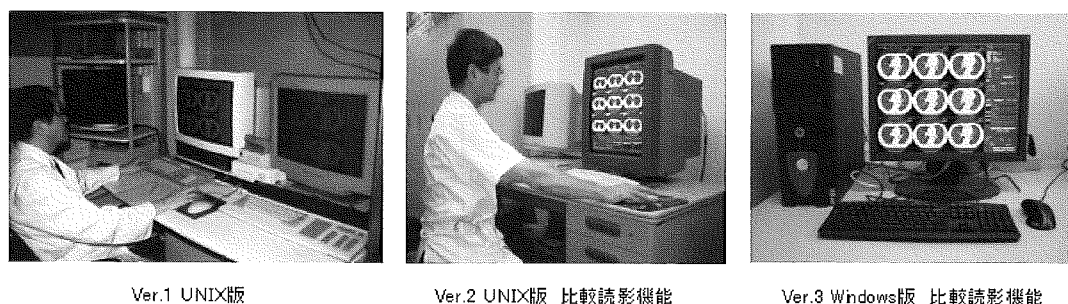


図 13. 肺がん CAD システム

いる。術具で実際の肺がん位置を押さえているが、推定された肺がん位置にほぼ一致していることがわかる。

(7) 臓器弾性・細胞触診 CAS—湊研究室 (奈良先端大)

内視鏡手術などの先端医療の安全性の向上には、綿密な術前計画が必要不可欠である。患者の実測 CT・MRI データから構築される 3D 人体臓器像上で、外科手術プロセスを術前にシミュレートできるシステムと、その基盤となる実時間生体力学解析、可視化技術を開発している (図 15)。光ピンセット技術を用いて細胞に触れて、そのときの細胞骨格の 3 次元的なひずみを計測し

て細胞を触診する計測システムを開発している。図 16 は生きている細胞中の細胞骨格を 20 nm の高さ分解能で 3 次元計測した結果を示している。

(8) 仮想化内視鏡—末永・森研究室 (名古屋大)

図 17 に大腸ポリープ診断支援システムを示す。このシステムでは大腸 CT 像を用いた大腸ポリープ診断を効率的に行うことができるよう、大腸の走行方向に沿って直線的に展開した仮想展開像、大腸壁の内側の状態を示す断面画像、仮想化大腸内視鏡像、大腸外形像、スライス像などを連動して表示する。また、自動的に検出された大腸ポリープは青くマークされる。図 18 に気管支鏡ナビゲーションシステムを示す。この

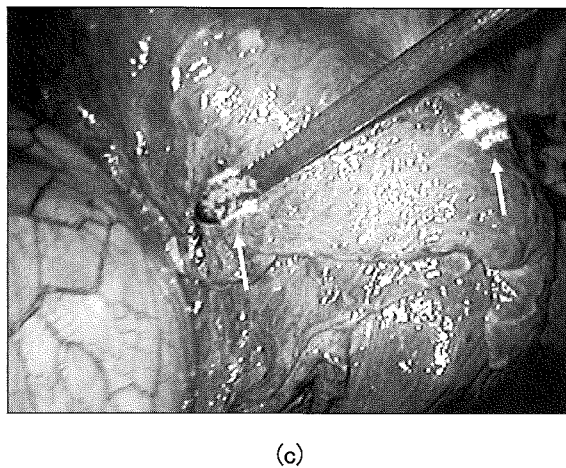
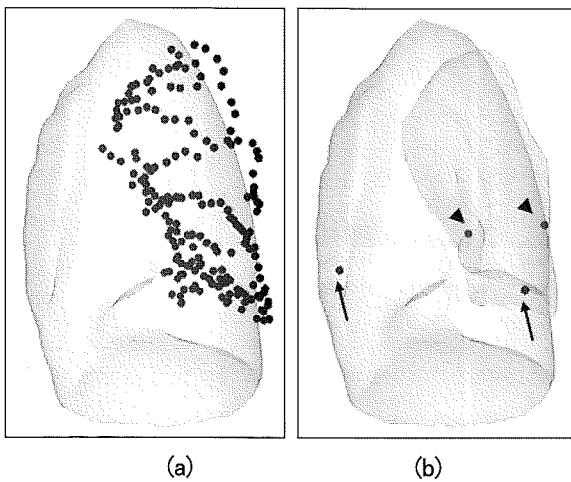


図 14. 胸腔鏡手術ナビゲーションシステム

システムでは気管支内視鏡検査を的確かつ効率的に遂行することができるよう、あらかじめ撮影されたCT像を地図として用い、気管支内視鏡画像とCT像から生成された仮想化内視鏡画像を比較することで現在の気管支内視鏡がどこ部分にあるかを推定し、目的とする部位まで経路、気管支壁の向こう側にある臓器などを提示するものである。

### 5. あとがき

医用画像研究会が発足して8年間の活動や研究事例を紹介した。医用画像は研究目的が明確で、究極的には診断や治療に寄与することである。このために開発技術のValidationをしか

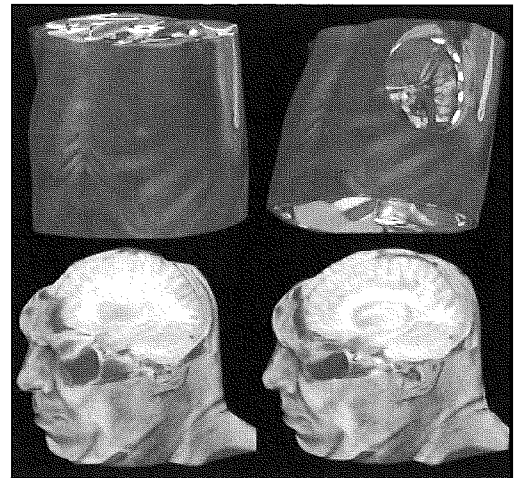


図 15. 手術シミュレーション  
～臓器の硬さを体験～

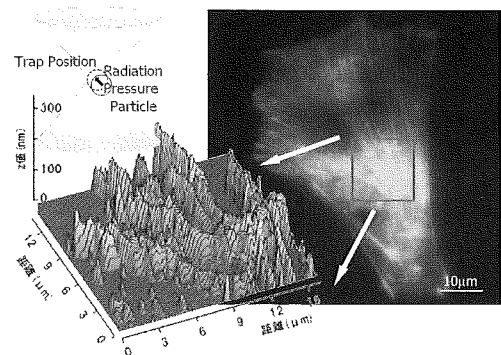


図 16. 細胞触診と細胞骨格の3次元計測

りすることや開発技術を装置化して診断・治療機器とすることも求められる。さらにはこれらを薬事申請して認可を得ることも必要である。今後、研究会としてこれらの課題にもしっかり取り組む必要があると考えている。また、本分野に興味のある方は本学会論文誌D分冊で医用画像関連特集号が平成12年1月と平成16年1月に発行されており、さらに平成20年7月にも発行予定であるので参考にしてください。

### 謝辞

医用画像研究会の歴代委員長、鳥脇純一郎教授(名古屋大, 現在中京大), 小畑秀文教授(東京農工大), 田村進一教授(大阪大)に謝意を表

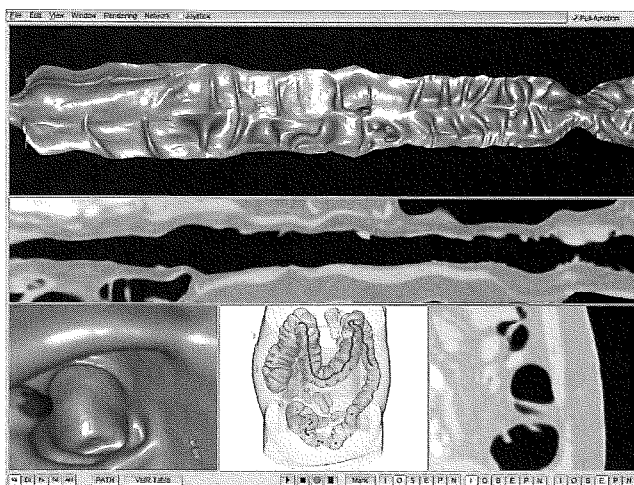


図 17. 大腸ポリープ診断支援システム

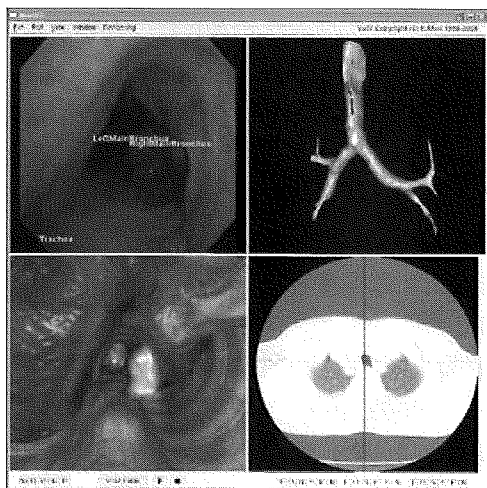


図 18. 気管支鏡ナビゲーションシステム

します。日頃、土井邦雄教授（シカゴ大）には世界の最先端の詳細な研究状況を提供して頂いていることに謝意を表します。

### 参考文献

- [1] 鳥脇純一郎, 医用画像の研究課題—研究会発足にあたって—, 電子情報通信学会技術研究報告書, MI99-11, pp.33-40, 1999.
- [2] 電子情報通信学会技術研究報告, MI99-1~51, 1999.
- [3] 電子情報通信学会技術研究報告, MI2000-1~105, 2000.
- [4] 電子情報通信学会技術研究報告, MI2001-1~102, 2001.
- [5] 電子情報通信学会技術研究報告, MI2002-1~130, 2002.
- [6] 電子情報通信学会技術研究報告, MI2003-1~118, 2003.
- [7] 電子情報通信学会技術研究報告, MI2004-1~112, 2004.
- [8] 電子情報通信学会技術研究報告, MI2005-1~148, 2005.
- [9] 電子情報通信学会技術研究報告, MI2006-1~200, 2006.