

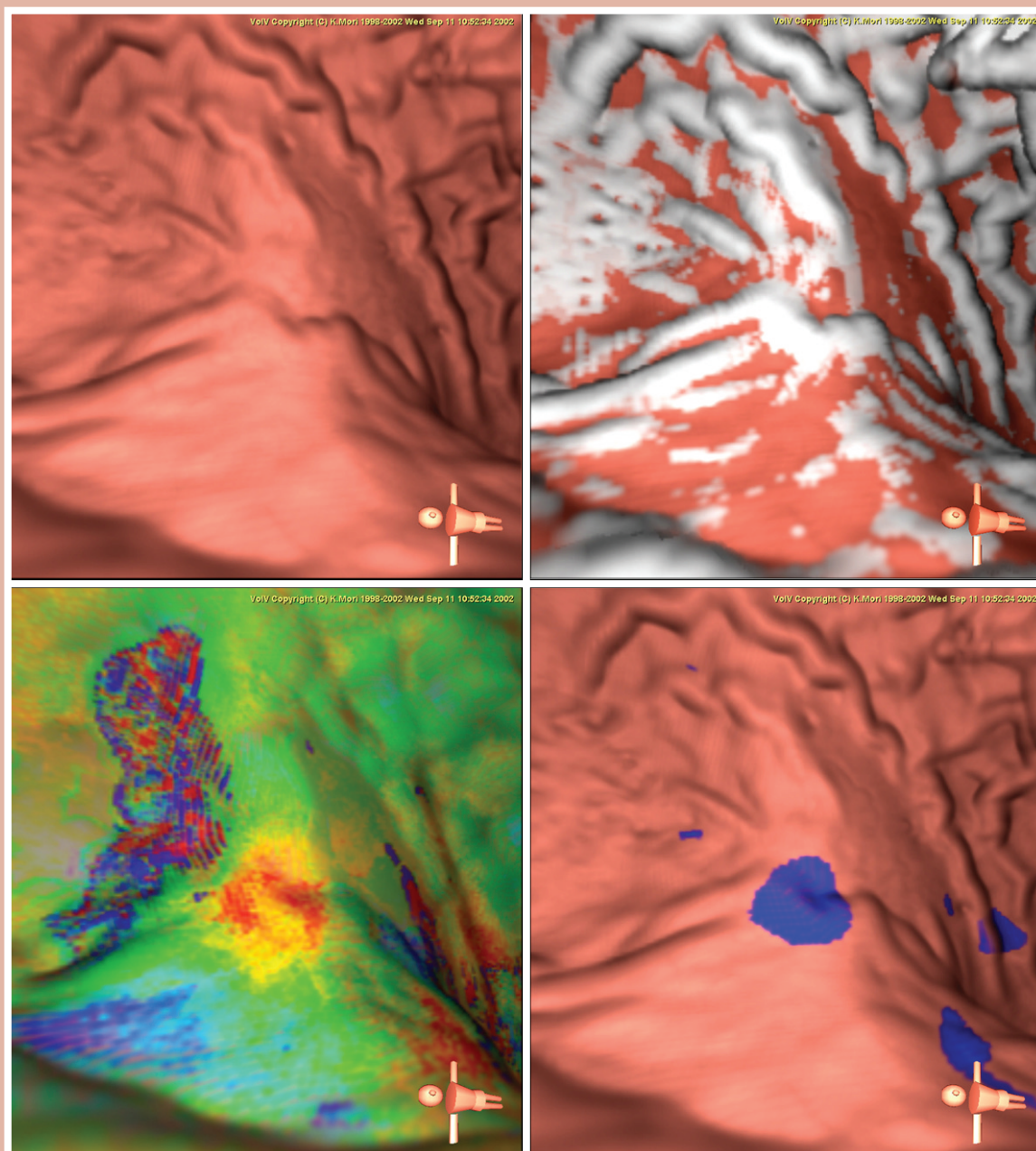
Institute for Advanced Studies in Artificial Intelligence

2004. 2

# IASAI News

中京大学 人工知能高等研究所  
ニュース No.13

発行人： 中京大学人工知能高等研究所  
運営委員会（発行年2回）  
〒470-0393 豊田市貝津町床立101  
Tel 0565-46-1211 Fax 0565-46-1296  
<http://www.cglab.sccs.chukyo-u.ac.jp/IASAI/index.html>



〈表紙解説〉

仮想化胃内視鏡

医師の胃がん診断を支援するシステムです。胃がんの多くはその患部に胃のひだが集まる性質があります。本システムは、人体の腹部CT像から胃のひだ領域を取り出し、その集まり具合を計測することによって、がん候補領域を自動検出することができます。画像は、その結果を仮想化内視鏡システムを用いて表示したもので、ひだ領域の位置、ひだの集中の程度、がん候補領域の位置などを見ることができます。

(中京大学大学院 情報科学研究科 長谷川研究室 渡辺 恵人)

■ 巻頭言	知能・アート・身体	1
■ 研究動向紹介	生命システム工学特集：第1回「仮想化人体とナビゲーション診断」に寄せて	2
	仮想化人体とナビゲーション診断—総論	3
	胃部3次元診断のための知的可視化機能 —苦痛のない胃カメラをめざして—	16
	仮想化人体観察に基づく大腸診断	20
■ 施設紹介	協調学習実験室施設紹介	23
	HRC研究と設備の紹介	24
■ トピックス	生命システム工学部施設・設備紹介	27
■ 会議報告	第92回、第93回情報科学部コロキウム	30
	第94回、第95回情報科学部コロキウム	31
	第96回、第97回情報科学部コロキウム	32
	第98回情報科学部コロキウム	33
	中京大学公開講座（ソフトサイエンスシリーズ第22回）	34
■ 会議案内	公開講座ソフトサイエンスシリーズ第23回開催のお知らせ	35
■ 研究所員一覧		36
■ 編集後記		37

## 知能・アート・身体

福村晃夫  
(中京大学スペシャルアドバイザー)



人工知能にまともに取り組むのなら、知能と呼ばれるものの存在を問わなくてはなるまいと思った。人工知能と呼ばれるものは、人によって作られたものとして存在するとしても、人工という言葉のなかに、知能という未確認のものが潜んでいると思われたからである。だが哲学だけをしていても仕事にならない。科学・工学で見えそうにないものを狙上へのせるのである。これは別に珍しいことではない。物理学では、量子は見えないのにその存在は確証されているのではなかったか。

知能の源泉を明かすことはさておいて、その存在の証を創作活動に求めることにしよう。アート作品は虚構なのだが、それを見る者にコミュニケーションする作者の個性・著者性（他者の近づき難いもの）こそ知能の存在の証であり、また現実である。この現実は無二のものであり、個人のなかに留まることなく、情報の始原となって、そこから一般化と遍在化が、つまり情報化が始まる。

無形のものから具体を導くのが、ソフトウェアを含めた意味での、もの作り技術の使命である。技術の行為は知能の証であり、その成果が具体的であるとは、デザインの意図と効果が受け手の個々に、リアルに伝わることであり、ここに技術とアートとの接合がみられる。メディア科学科のコンセプト作りはこうして始まった。

子供がロボット玩具に接すると、矢庭に手足を掴んだり体のあちこちを叩いたりする。あげくの果てには壊してしまうこともある。これは極めて具体的なコミュニケーションであって、そこには低レベルながら基本的な知能の発現をみることができる。どんぶり勘定で言えば、知能の存在場所は、脳を含めた身体である。自然は、命ある、あらゆるものの身体に、知能を、克明に個別的に、欲とともに植え込んだ。人は、これらの生命体とインタラクトすることで知能と欲の存在の証を得ることができる。

知や情が住む身体は、人間の視座にたてば、命ある存在、物理・化学・生理学的存在、実環境内存在、表象世界内存在、情欲世界内存在等々多義的である。身体がもつこの多義のいずれをも見落とすことなく人間と関わり合おうとする技術こそ、最も奥深く知と情のリアリティに迫る技術であろう。それは一体なにか。それを、生命、生活、健康に焦点を当てる技術に集約してみよう。生命システム工学部のコンセプト作りはこうして始まった。

これらのコンセプトが末広がりであることを願っている。恐らく、それは間違いないことであろう。

## ● 研究動向紹介

生命システム工学特集：

第1回「仮想化人体とナビゲーション診断」に寄せて

中京大学情報科学部メディア科学科 長谷川純一



2004年4月、本学に生命システム工学部（以下、新学部）が誕生する。この機に、本誌では新学部で行われる研究内容をシリーズで紹介することになった。新学部は、人間行動システム、生命機械システム、および、生命情報システムの3系で構成されるが、今回は生命情報システム系の領域でいま話題となっている「仮想化人体とナビゲーション診断」に関する研究を紹介する。

最近の医療現場では、X線CT像(計算機断層像)のような3次元画像を用いた診断が主流になりつつあるが、それに伴って、増大するデータ量への対応が切実な問題となっている。例えば、最新鋭のCTスキャナーは、人体の30cm×30cm×20cm程度の範囲を空間解像度約0.6mm、濃度解像度2バイトで一気にサンプリングできる。つまり、一度の撮影で、150メガバイト(=512点×512点×2バイト×300枚)もの大規模画像が生成されるのである。このような画像を人間(診断医)が毎日何十例も診断することはもはや不可能に近い。

このような診断作業をコンピュータで支援する技術の一つとして、仮想化内視鏡を用いたナビゲーション診断がある。仮想化内視鏡システムの開発は10年ほど前に始まった。当初は仮想的な内視鏡像の生成を主な目的としていたが、最近では、その枠を超えた新しい診断支援ツールとしての可能性に期待が集まっている。

本特集では、まず、中京大学情報科学部の鳥脇純一郎教授に、この分野の総論をお願いした。鳥脇教授は、コンピュータ支援画像診断分野の第一人者であり、その創生期から今日までの40年間、常にこの分野のリーダーとして活躍してこられた。実在する人体の3次元画像を“仮想化人体”と呼び、その重要性を早くから指摘されたのも同教授である。総論では、これまでの研究成果の紹介だけでなく、仮想化人体の意義や可能性など研究の本質に関わる部分が広い視野からまとめられている。

次に、中京大学大学院情報科学研究科博士課程の渡辺恵人氏に、仮想化胃部診断に関する研究紹介をお願いした。これは、腹部CT像から胃がん特有の胃粘膜ひだの集中を定量化し、それを仮想化胃内視鏡像上に可視化することによって胃がん診断を支援しようとするものである。この研究には筆者自身も関わっている。

最後に、名古屋大学大学院情報科学研究科の目加田慶人助教授に、仮想化人体を用いた大腸診断の研究事例を紹介していただいた。これは、同じく腹部CT像を用いて、従来の大腸内視鏡検査で見落とされがちな場所を定量的に示したり、自動検出された大腸ポリープを仮想化大腸内視鏡像上に提示することによって検査の支援を行おうとする試みである。

本特集によって、医用画像診断における新しい技術応用の現状を知っていただくとともに、新学部をより身近に感じていただくことができれば幸いである。

### 仮想化人体とナビゲーション診断—総論

中京大学情報科学部メディア科学科 鳥脇純一郎



#### 1. まえがき

医用画像においても近年は3次元画像の利用が特別のことではなくなってきた。筆者らが仮想化内視鏡システム (Virtual Endoscope System VES) を提案して約10年 [森94,95, Vining93,03,鳥脇02b]、バーチャル・エンドスコープから、さらにはvirtual XXX という言葉も頻繁に聞かれるようになり、VESは実際に臨床応用の検討が多数なされている [Rogalla00, Duchman03, 朝戸03]。他方、画像のコンピュータ支援診断(computer aided diagnosis (CAD))、および、コンピュータ外科(computer aided surgery (CAS))の分野が急成長している。世界的にみても、放射線医学界最大のイベントであるRSNA (北米放射線医学会)の今年の大会ではCADをうたう機器の展示が急増して話題となっている。この分野はCADは情報工学、CASはロボティクスと深く関わっており、工学者の関与も多い。

本稿では、CAD、CASの両分野に関係する基本技術の1つである3次元人体像 (仮想化人体) の生成と利用に関して、主として情報工学に関する問題についての概要を紹介する。すなわち仮想化人体の生成、可視化、および、変形を伴う利用について情報工学の観点から見た技術的課題と具体例を述べる。

#### 2. 仮想化された人体の意味と利用

##### 2.1 仮想化された人体とは何か

人体 (あるいはその一部) を様々な手段によって計測し、計算機内部に再構成したものを、仮想化された人体 (virtualized human body VHB) と呼ぶ [注1]。これをもう少し詳しく説明すれば、次のような条件を満たすものとする。

(注1 : 簡単に仮想人体 (virtual human body) という表現も少なくないが、本文では、“実人体の仮想化”を意味することを明示するため仮想化という表現を用いる。)

- (1) 対象と用途によって、人体全体でなくてもその一部分であってもよい (例えば上半身とか胸部のみとかのように)。
- (2) 表面とか外形のみではなくて3次元物体としての人体の内部も含めて再現する。もちろん、以下に述べるようにそれぞれの時点での精度や解像度の制約は免れない。
- (3) 個々の人体の再構成である。すなわち、VHBは個々の具体的な実人体と対応のつくものでなくてはならない。
- (4) 理想的には個々の実人体をある特定の側面からみた再構成にならざるを得ない。従って、1つの実人体から複数個のVHBがつくられることもやむを得ない。

VHBは個々の人体の再構成であるから、それに対応する具体的人体のもつ情報を記録している。従って、例えば医用目的なら病気の診断に用いることもできる。しかし、同時に計算機上のデータであるから、実人体の物理的制約に拘束されずに操作ができる。この意味では「仮想 (virtual)」の存在である。例えば、手術のシミュレーションに使えるが、実現しえない変形もできる (例えば、観察に邪魔なら一部分を一時的に

取除いてもよい)。見方をかえればVHBは一種の仮想環境でもある。ここから、バーチャル・リアリティ (VR)に関する様々の技術や利用法を適用できる可能性が出てくる。

## 2. 2 仮想化された人体の利用方式

VHBが一種の仮想環境であることを考慮すると、その利用法として次のような種類が考えられる (表1)。

表1 仮想化された人体の利用法

	仮想化人体	実人体+仮想化人体	実人体
探 索 (観 察) (検 査)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナビゲーション診断</li> <li>・ 仮想化内視鏡システム</li> <li>・ 教育・訓練システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報強化内視鏡システム (融合内視鏡システム)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 診断</li> </ul>
変 形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 術前手術計画</li> <li>・ 外科手術シミュレーション</li> <li>・ 仮想切開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 術中支援</li> <li>・ 手術ナビゲーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 治療</li> <li>・ 手術</li> </ul>

この分類の一方の要因はVHBを観察するのみの段階とその変形を伴う段階に分けるものである。他の要因は実人体とVHBをどう使い分けるか、である。

- (1) VHBの探索 新しい仮想環境を扱う第一段階は探索である。医療でいえば診断に対応する。仮想化された対象を扱えることから、“内部自由視点”、“と”移動観察”すなわち、ナビゲーション診断と筆者が名づける新しい方式が可能になる [鳥脇97,04]。技術的なキーは”可視化 (ビジュアリゼーション)”である。ここにさらに実人体の同時使用が加わると複合リアリティ応用の可能性が出てくる。情報強化内視鏡 (augmented reality endoscope, または、information augmented endoscope system) はその一例であり、現在活発に研究されている [鳥脇03c, Mori02, 森03]。詳細を6で述べる。
- (2) VHBの変形を伴う利用 計算機上であればVHBの変形は自由にできる。これは様々の形のシミュレーションにつながる。VHBのみの利用であっても外科手術シミュレーションは大きな可能性を有する。その他、臓器の仮想展開 [森00, 岡04]、バーチャルバイオプシー (virtual biopsy) [Werli03] などが活発に研究されている。また、実人体との共用では術中支援、手術ナビゲーション (注2)、などコンピュータ外科における最近の重要テーマがここに入る [鳥脇00, Yasuda90, 林03c]。

(注2：このナビゲーションは、水先案内からきている。進路設定、指示とか、誘導の意味である。)

## 3. 仮想化人体の生成

### 3. 1 実人体の仮想化

仮想化人体の生成、すなわち、個々の実人体の仮想化は様々の医用イメージングの手段によって行う (図1)。主なものをあげると次のようになる。人体を内部も含めて、相当の解像度で計測、記録できることが前提となる。

- (1) X線CT 空間解像度10ミクロンオーダーのマイクロCTから1mmオーダーの3次元CTまでである。現在のVHB生成の主要なツールであるが、X線透過係数という観点からみた形態情報の取得になる。

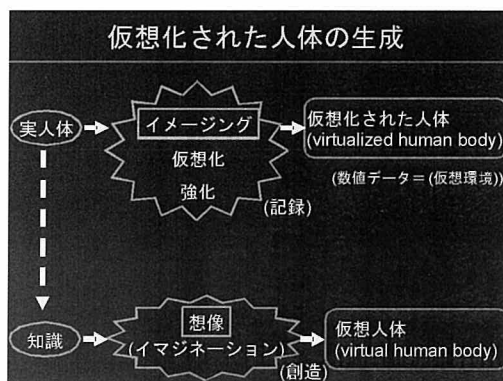


図1： 仮想化された人体とその生成

個別人体にイメージング処理を適用して、仮想化された人体を得る。実人体に関する知識、又は、人のイメージーションに基づいて仮想の人体を得る。両者は明確に区別して扱われるべきである。

- (2) MRI (磁気共鳴画像) 10ミクロンオーダーのマイクロMRIから10mmオーダーの3次元情報を得る通常のものまである。磁気共鳴現象を通じて生体の構成元素の分布状態に関する情報を得る。
- (3) 核医学画像 PET (ポジトロンエミッションCT) に代表されるイメージング法である。放射性同位元素の体内分布の画像化で吸収、代謝、循環などの生体機能の情報を得る。
- (4) 超音波画像 生体の微小体積素分の音響インピーダンスを記録する。

その他、色々な手段が利用できる。しかし、少なくとも対象とする実人体には極力低侵襲で、かつ、通常の活動中の状態 (in vivo) で行われなくてはならない。これらは現在のところ装置もセンサも解像度も異なるため個別に記録され (すなわち、別々のVHBまたはその材料となり)、必要ならば統合される。将来は分子画像(molecular imaging)のような分子レベルの機能の画像化なども使われる可能性がある [特集03a]。詳細はイメージング関連の専門書にゆずる [IEEE03, 飯沼01、千原01、楠岡01, Bankman00]

### 3.2 データ構造

こうして得られた画像は、計算機上では、通常は3次元配列上に3次元デジタル画像として記憶される。すなわち、ここから先は3次元デジタル画像処理とコンピュータグラフィックスの諸方法によって処理される [鳥脇02a]。ソフトウェア技術的には様々なデータ構造が考えられるが、具体的な処理のプロセスの最初の時点では3次元配列に格納されたボクセル構造が最も汎用性があり、また広汎な用途に対応できる (図2)。

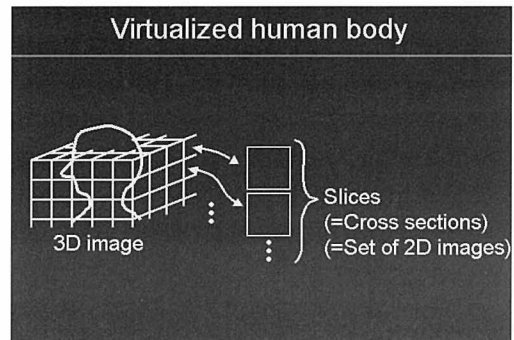


図2：ボクセル構造の中の仮想化された人体 (=3次元デジタル画像)

### 3.3 構造化

前述のようなイメージング装置の出力は、そのままでは画素値の3次元配列に入った数値の集まりである。その中のどこに対象物のどの部分に対応しているかを定めることが、VHBの利用の第一歩として不可欠である。この段階の処理を構造化 (structurization) と呼ぶ。

構造化は、画像処理のプロセスとしてはセグメンテーション (segmentation) に対応する。それは自動的、あるいは半自動的に行われる [鳥脇02a, Harders03]。

- (a) 構造要素 対象を特に予め想定しないならば、構造を定める汎用の要素として、3次元空間の“塊”、“面”、および、“線”を検出することを試みる。ノンパラメトリック、または、ボトムアップの手法といえる。
- (b) 領域生成 構造化の基本的手法の一つとして、画素値の類似性に基づいて画素をグループ分けしていく反復的手順がよく用いられる。これは領域生成法 (領域生長法 region growing) として知られている。VHBの生成に用いられるほとんど全ての3次元イメージングでは、得られる個々の画素値がイメージングの各法に固有の物理量を与える。従って、画素値が類似して、かつ、互いに近傍にある画素群は実人体上でも1つの器官や組織のように意味のある対象物 (オブジェクト) に対応づけられるであろうという考え方が正当性をもってくる。得られた領域には名前がつけられる。それは単にVHB処理プロセスの中間の作業用の名前付けにとどまるかもしれないし、実際に人体の臓器に対応するかもしれない [鳥脇02a]。
- (c) 知識とモデル 画素値がほとんど等しい臓器 (あるいはその一部分) も多数ある。その場合の妥当な輪郭線 (面) を定めるには、解剖学的知識とそれに基づく臓器のモデルを利用する [鳥脇03b, 小畑03a,b]。

## 4. 仮想化人体の観察

### 4. 1 可視化の必要性

VHBは、計算機上におかれた数値の3次元配列である。これを仮想環境とすれば、その仮想体験はまず第一に視覚による。しかし、3次元配列上の数値の集まりを直接に見ることはできないため、ディスプレイの画面もしくは紙の上、すなわち、2次元平面に描出する(VHBの可視化(visualization))。技術的にはコンピュータ・グラフィックスの手法を用いるが、元が3次元以上の空間の情報であるから、ここで情報の一部の損失は避けられない。そこで、用いる手法の選択が重要になる。

- (a) 構造化前の可視化： 3次元配列中のVHBの所在も決定されていない段階であるから、画素値(濃淡値)を直接に投影する。ボリュームレンダリング(volume rendering - VolRと略記)、最大値投影法(maximum intensity projection MIP)などが用いられる [鳥脇02a]。
- (b) 構造化後の可視化： 主として表面の形状を陰影を付けて表示する、コンピュータ・グラフィックスにおける陰影つきの表面の描画(surface rendering - SurRと略記)の諸手法が用いられる。
- (c) 断面群： 3次元デジタル画像を適当な平面で切断した切り口の画素値の分布を2次元濃淡画像として描く。平行な複数の断面群を並べて表示したり、順に連続的に表示することも多い。また、構造化がなされていればその結果に依存して、曲面体の表面(一般に3次元空間の曲面)の画素値、管状臓器の中心軸を含む曲面などの複雑な断面を表示することもある(MPRと呼ばれる)。

### 4. 2 構造化前の可視化 —ボリューム・レンダリング

構造化されていない3D画像の可視化は、多くの場合ボリューム・レンダリング(VolR)による。これは基本的には仮想の視点から画面の各画素に向かう直線(レイ ray、視線)を想定し、その上の画素の画素値(あるいはそれを別のパラメータに換算したもの—不透明度(opacity)と呼ばれる—)を積算して表示画面の濃淡値を定める。

ここで、『3D画像を一旦仮想の3次元空間におき、その空間の中に仮想の視点と視線ベクトルを任意にとれる』ことが極めて重要である。この点はさらに4. 4で述べる。また、構造化をしないということから、何らの前処理も無しに直接に可視化に進めるということも非常に重要である。このことはVHBを、いわば初診時の予備的な診断から使えることを示唆する。

しかし、前記の画素値の換算(=不透明度の割当て)を十分注意深く行う必要がある。場合によっては、それはしきい値処理による2値化に等しい効果をもたらすし、見える情報は不透明度の割当て方で全く異なることも起こり得る [鳥脇02a]。また、VolRの画像上で表面や塊が存在するように見えても、そこに実際に物体があるとは限らない(図3,4)。また、一見明瞭に見える面が実際に3次元空間中のどこにあるのかは、正確には定められない。従って、対話的にそれを操作(マニピュレート)したり、計測したりすることは限られた精度の範囲でしかできない [林03b]。

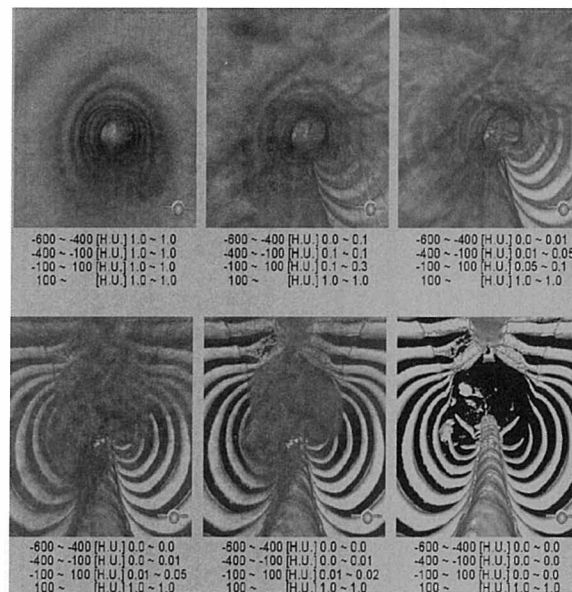


図3：ボリュームレンダリングにおける不透明度の割り当て方と得られる画像の変化 (1)  
(数値はCT値と対応する不透明度の値)



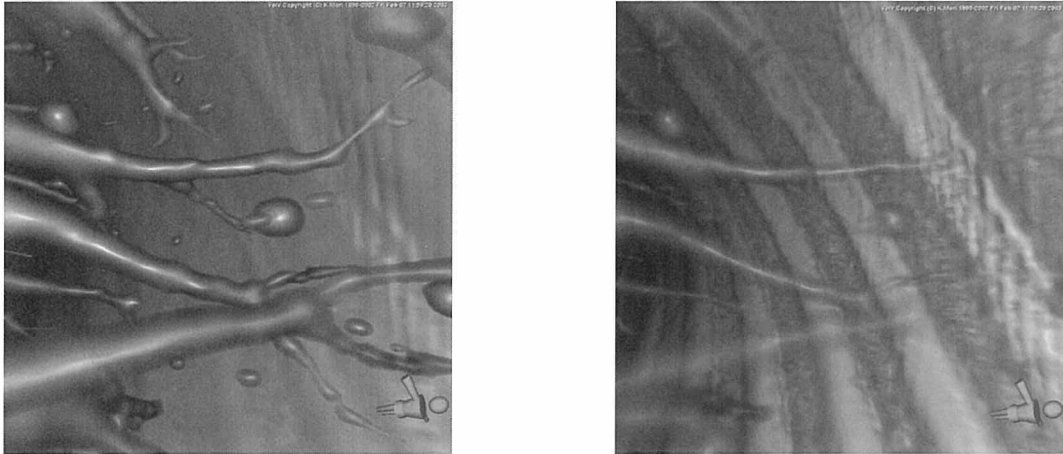


図4：ボリュームレンダリングにおける不透明度の割り当て方と得られる画像の変化 (2)

#### 4. 3 構造化後の可視化

構造化によって要素の図形（医用画像ならば体内の臓器）が切出されていれば、その表面を描画することは既存のグラフィックスの手法で比較的容易にできる。また、計測や特徴抽出もかなりできる。しかし、安定した構造化を行うことは高レベルの3次元図形のセグメンテーションであって、任意の3次元画像に対しては簡単ではない。

#### 4. 4 内部自由視点と移動観察

前項の構造化前の観察における仮定の視点、および視線方向の自由な設定は、内部自由視点と移動観察という新しい診断法を可能にする。すなわち、視点の位置と方向をVHB上で連続的に変更しつつ、対応する画像をリアルタイムで高速に（例えば、秒10フレーム以上で）生成することによって、乗り物を自由に操縦して人体内部を移動しつつ観察するという感覚を生じさせることができる。この、「対象物内外を動き回る」という点はVHBのみでなくあらゆる物体の新しい観察法を導入する可能性を秘める。すなわち、内部自由視点の移動観察である。これは座標軸を多様化することによってさらに新しい可能性が開かれる。これらはほとんどこれからの研究課題であるが、詳細は〔鳥脇02a-c, 04〕にゆずる。

### 5. 仮想化人体の変形を伴う利用

VHBは仮想環境であるから、計算機上で自由に変形できる。それは手術シミュレーションとして様々の試みがなされてきている。初期には大がかりな装置を用いた難しい手術のシミュレーションが試みられたが〔Yasuda90, 鳥脇00〕、最近では計算機の小型・軽量化と性能向上によって、むしろ観察の一部と思われる小規模な変形から手術中の応用にも広がり、著しく多様化している。また、手術本来の特質として個々の事例ごとに特有の作業や術式があり得るため、それらにきめ細かく対応できるようになってきている。本文ではナビゲーション診断に近い小規模の変形の一部を紹介することにとどめる。

#### (1) 臓器の仮想展開

VHB上で対象臓器を切出し、平面上適当な切断線で展開して表示する。これもやはり可視化の一手段と考えられる。移動観察（ナビゲーション）との優劣がスクリーニング応用において盛んに検討されている〔森00, 岡04〕（図5）。

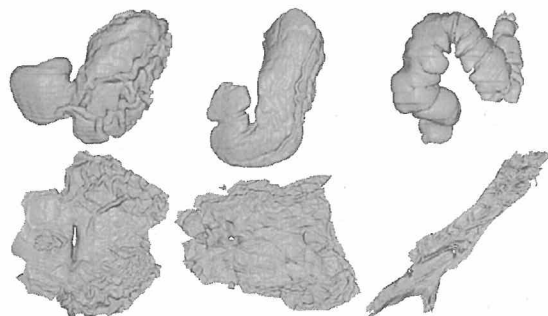


図5：胃や腸の仮想展開  
上段：外形像、下段：展開像

## (2) 仮想バイオプシー

10ミクロン大の焦点をもつMRIやCT（マイクロCT、など）で得た3次元画像によって骨梁組織の微細構造を分析する手法をWerliらは仮想骨バイオプシー（virtual bone biopsy）と呼んでいる [Werli03]。この場合は本文の分類でいえばVHBを変形するというよりは可視化と計測であるが、微小領域を切取って撮影するプロセスは仮想的な微小サンプルの切り出しとみることもできる。肺組織への応用も始められている [山本03,松原03]

## (3) 仮想腹腔鏡像

気腹法と呼ばれる内視鏡下手術の適用に先立って、手術に必要なスペースを患者の皮膚下に作成した状態をVHB上で実現し、その内部の状態を医師に提供したものである（図6）。術前の手術計画作成とシミュレーションに役立つ [林03c]。

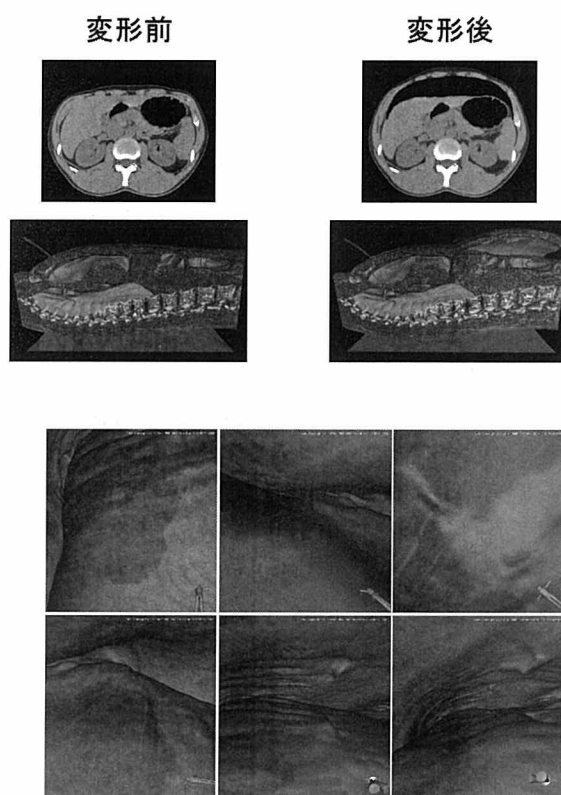


図6：気腹法による内視鏡下の手術シミュレーション

気腹法において体内の操作空間とその内部の内視鏡像をVHB上に生成した。

## 6. 情報強化—VHBと実人体の共用

実人体または、VHBのどちらかを主体とする利用であるかによって、情報強化に2つの方向があり得る。すなわち、主として操作中（実または仮想）の人体をベースにして、そのうえに仮想または実人体から生成、取得した別の情報を重畳して、あるいは、比較できるように並べて提示して、両者を関連づけて利用できるようにする（表2）。この分野の応用では画像どうしの位置合わせ（レジストレーション registration）が非常に重要となる。人体組織のような柔らかく、局所的には変形の自由度も大きい3次元物体の位置合わせは難しい問題を提示し、多くの研究がある [特集03b]。

表2 仮想化された人体と情報強化の分類

補強情報 ベース	実人体	仮想化された人体
実人体		<ul style="list-style-type: none"> <li>手術ナビゲーション (術中支援)</li> <li>情報強化内視鏡</li> </ul>
仮想化人体	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dデータベースとインタフェース</li> <li>仮想化内視鏡システムへの特徴量重畳</li> <li>構造化情報の付加</li> <li>マルチモーダルVHB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特徴量の重畳</li> </ul>

### 6. 1 仮想化人体上への実人体情報の強化

ここでは、VHBを、各患者の情報を、あるいは、より一般に人体に関する知識をのせる媒体として利用する。

- (1) 構造化情報の付加  例えば各臓器を識別してそれを区別するマークをつけることは明解な例である。解剖学的分類にも、例えば気管支の分岐構造のように個々の人体ごとに特有のケースも見られるから、個々の具体的VHBに固有の情報となる [Mori00, 横山01,03, 江間03]。
- (2) 解剖学的知識ベースのインタフェース  VHBの各部位にはそこに関連するあらゆる知識を入れられる。極端な場合としてVHBの各画素の背後に、そこに関連するあらゆる解剖学的、生理学的知識を載せられる。VHBはそのような知識ベースへのインタフェースとして機能する。これは各個人の情報でも普遍性のある情報でもよい。すなわち、個々のVHBに一般性のある情報が入っていても不都合は無い。このようなVHBの利用はHoehneらによって始めて提案され、Visible Humanをベースにして実現もされている [Hoehne85]。
- (3) 計測情報の付与  各患者から計測された特性値、あるいは、それに量子化などの簡単な処理を施した結果を、VHBの該当する位置にのせる。例えば手術の結果から得た測定値に基づく疑似カラー表示をVHB上に重ねることはこの一例である [木村03, 渡辺00]。

### 6. 2 実人体上への仮想人体情報の強化

術中に、外科医がこれから切開しようとする人体の可視表面より奥の部分を、そこから実際に切開しようとする方向に見たときの形状が見えるようにする試みがある。これは、外科医が特殊な眼鏡をかけると、VHBから生成した像が実人体に重畳して見えるようにしていることによる。術中支援（あるいは手術ナビゲーション）として注目される技術である [橋爪03a, 村垣03]。

また、実内視鏡像の上に臓器壁面背後の状態を同じ被験者のVHBから構成したものを重畳して呈示すること（情報強化内視鏡）もこの項に入れられよう（図7） [鳥脇03a, Mori02]。

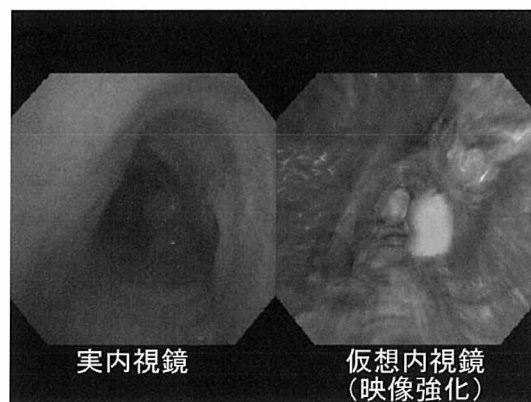


図7：気管支鏡像に対する情報強化  
気管壁面の背後の脊椎と血管をVHBから生成して、実気管支鏡像（左）に重畳したもの（右）。実内視鏡の動きと同期させてリアルタイムでこのような図を生成する。

## 7. 情報メディアとしての仮想化された人体

VHBは計算機上のデータであるから、プログラムによって自由に操作できる。従って、そこに新たな情報を書き込むこともできる。その意味ではVHBを情報を記憶するためのメディアとして利用できる。しかも、それは個々の人体を複製したものになっているから、いわば個々の人体に情報を記入できるようなものである。それは実質的には既に行われていることでもあるが、必ずしも“個別人体メディア”としての側面を意識したものではない。これから様々の可能性が期待されるが、その例を以下にあげておこう。

### 7. 1 仮想化人体の情報処理の結果の重畳

VHBを3次元画像データとして、それに画像処理を加えて得られた結果をさらにVHB上に付け加えることはごく自然に行われよう。例えば、胃壁ひだの情報を胃の内壁の仮想化内視鏡像にのせて呈示したり、腸の壁の凹凸の情報を大腸仮想化内視鏡像に付け加える例がこれに該当する [長谷川02, 木村03]。なお、本特集号の他の記事も参照されたい。

また、モダリティの異なるイメージング系から得られた情報を合わせて呈示することも当然行われる。これは、原理的には同一人体から得られた複数個のVHBの重畳とも言えるが、現時点ではモダリティごとに解像度はかなり異なるから、最も細かい解像度のVHBをベースにしてその上に強化情報として付加することになるであろう。断面表示の上ではX線CT、MRIと核医学画像を重畳することは既にしばしば行われており、技術的にはその延長上にある [楠岡01]。

### 7. 2 経時変化の記録

人体のあらゆる経時変化をVHB上に記録することは、これまでの個別の医用画像の経時変化の診断以上に大きな意義と可能性をもっと考えている。それは最終的には恐らく個々の人体の全履歴を記録する可能性に通じる。それは既におよそ10年前に提起された個人健康データベース (personal health database PHD) にもつながる。実際、3次元CT像を入れたCDを被験者に渡す試みは、一部の病院でも既に始まっている。

そこまで至らなくても個々の治療効果の観察と定量的評価にも新しい可能性が生じる。例えば、現在検討中のCTによる肺がん検診においても医師による過去の検診結果との比較読影は重要である [武田03]。しかし、図8は肺がん転移の3次元CT画像の例であるが、ここにみえる数十個の腫瘍影の経過を追い、変化の定量的計測を行うことは計算機による画像処理の利用なしには不可能である [鳥脇03a,b, 早瀬04, 草薙03, Kostis03]。



図8：転移性肺がんの小結節像  
3次元胸部CT像のボリュームレンダリング表示

### 7. 3 仮想化された人体の一般化

本稿で述べたVHBは個々の実人体の仮想化である。この点は本文のVHBの最大の特徴である。その意味で人体モデルとしては個人指向のモデル(patient specific model)である [鳥脇02c]。これに対して一般の人体のモデル (= “人体” という概念の再構成) としてVHBを用いることも可能である。たまたま特定の実人体の仮想化であっても、それを汎用モデルとして用いることも考えられる。実際、医師が個々の人体の解剖から学ぶことは広く人体全般に適用できる知識であろう。モデルとしてのVHBについては [鳥脇02c] に譲る。

また、言うまでもなくVHBは実物そのものではない。その生成に用いたイメージング装置で記録できない情報はVHBには含まれない。例えば、現在のX線CT像から構成したVHBから色や固さや出血やがんの深達度に関する情報を得ることは難しい。この点では、VHBは実人体の内部を直接に見る手段としての実内視鏡と置き換わるものではない。一方、VHBでは実内視鏡が入れない位置や方向からの形態の観察ができる。先に述べた情報の強化はこの点の改善の1つの可能性を示す意味で注目したい。

さらに、最近では様々な生体物性の情報を入れたVHB、あるいは汎用3次元人体モデルの開発プロジェクトも企画されている [佐藤03、高橋00、橋爪03a]。今後さらに多様な人体知識ベースがVHB上に実現され、それがまた一層高度なCAD、CASの実現を可能にしよう。この方向はアメリカのVisible Human Projectが先鞭をつけ、大きな役割を果たしている [Ackerman98]。

これとは別に、最近では経口的に“飲み込んで”体内の画像を無線送信してくれるカプセル内視鏡が実用化され、関心を集めている [中村03]。現在のところ、小腸の診断に限られているが、本文とは別の意味での人体ナビゲーションを実現する可能性として今後の発展が注目される。

### 8. むすび

本稿では仮想化人体 (VHB) に基づくナビゲーション診断について、基礎的考え方を紹介した後、様々な可能性について検討した。VHBの最初の利用は仮想化内視鏡システム (VES) として1993年～94年に、Vining、森・鳥脇・片田らによって提示され、その後いっきに広がった [Vining93, 03, 森94, Rogalla00, Bankman00, Duchman03, 鳥脇00, 長谷川03]。現在は様々な分野で臨床的応用の検討が行われている [朝戸03、鳥脇00]。同時に、それが3次元CT像をボリューム・レンダリングで表示することのみにとどまっていたには限界がある。例えば、最近のVR医学学会学術大会ではVirtual CT bronchoscopy の臨床応用に関してセッションが設けられ、さらにアメリカではvirtual colonoscopy のスクリーニング応用が検討されている。

しかし、筆者が提唱した個別人体の仮想化 (すなわちVHB) と内部移動観察に基づく診療はまだ緒に付いたところである。本文ではそこに含まれる技術的諸問題と可能な利用の形について大まかな考察を試みた。すなわち、まずVHBの生成法と現在可能性のある例をあげ、次にその利用の第一段階としての観察法について述べた。

さらに、利用方式を、VHBの観察、変形の導入、実人体との共用の3つの方式に分けてやや詳しく述べた。続いてイメージング出力から直接に構成されるVHBにさらに情報を付加する情報の強化について言及した。

しかし、本文で述べたVHBの利用もナビゲーション診断もこれから検討すべき事柄が大半である。何よりもイメージング技術の発展は予想もつかない。恐らく、分子画像のような分子レベル [特集03a] から人の集団全体の行動に至るまで様々な画像が実用化され、その利用法も多彩になると思われる。本特集においてもその一部がふれられるであろうが、それも加えて今後の展開は筆者にも予測はできない。実際、国内においては、日本学術振興会未来開拓推進事業「外科領域を中心とするロボティクスシステムの開発」が進行中であり、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究『多次元医用画像の知的診断支援』が本年度から始まった。前者はCAS、後者はCADであるが、ここ数年で恐らく両者共通の分野がさらに飛躍的に発展すると期待される。本研究所の成果からもこの分野にも多くの寄与がなされることを期待したい。

### 謝 辞

ご討論、ご協力を頂く名古屋大学末永研究室、村瀬・目加田研究室の方々に深謝する。本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金、同HRC補助金、および、厚生労働省がん研究助成金 (長谷川班、縄野班) による。図版作成には、名古屋大学林雄一郎氏のお世話になった。

## 参考文献

- [朝戸03] 朝戸裕二、雨宮隆太、鎗木孝之、他：Virtual CT Bronchoscopyの展望、日本VR医学会第三回学術大会抄録集、p.8 (2003.12)
- [飯沼01] 飯沼武、館野之男編著：X線イメージング、コロナ社、2001
- [江間03] 江間慎弥、北坂孝幸、森健策、目加田慶人、村瀬洋、鳥脇純一郎：気管支木構造モデルの変形に基づく気管支枝名対応付けの検討、第12回日本コンピュータ外科学会大会論文集/第13回日本コンピュータ支援画像診断学会大会論文集合同論文集、pp.257-258 (2003.12)
- [岡04] 岡宏樹、北坂孝幸、森健策、末永康仁、鳥脇純一郎：臓器外壁情報を利用した仮想展開像作成手法と未提示領域の割合に基づく仮想化内視鏡との比較、電子情報通信学会論文誌、J87-D-II,1,pp.290-301 (2004.1)
- [木村03] 木村崇博、林雄一郎、北坂孝幸、森健策、末永康仁：曲率情報に基づく3次元腹部CT像からの大腸ポリープ自動検出手法の検討、第12回日本コンピュータ外科学会大会/第13回日本コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集、pp.283-284 (2003.12)
- [北坂02] 北坂孝幸、森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、片田和廣：芯線モデルを利用した非造影3次元胸部X線CT像からの縦隔内血管領域抽出、Medical Imaging Technology, 20, 5, pp.572-583 (2002.9)
- [草薙03] 草薙卓、目加田慶人、長谷川純一、鳥脇純一郎、森雅樹、名取博：胸部CT像における経時情報を用いた変化観察のための結節位置合わせ法、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2003-26 (2003.5.)
- [楠岡01] 楠岡英雄、西村恒彦監修：核医学イメージング、コロナ社、2001
- [小畑03a] 文部科学省科学研究費補助金特定領域研究『多次元医用画像の知的診断支援』申請書(代表小畑秀文)
- [小畑03b] 小畑秀文：横断型診断支援技術とそのロボティクス外科への応用、第12回日本コンピュータ外科学会大会/第13回日本コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集、pp.301-302 (2003.12)
- [佐藤03] 佐藤嘉伸：電体新書とインシリコンヒューマン：ロボティクス外科・画像診断支援技術の体系的開発に向けての枠組み、第12回日本コンピュータ外科学会大会/第13回日本コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集、pp.303-304 (2003.12)
- [高橋00] 高橋隆：Sensible Human Projectとは、Medical Imaging Technology, 18, 4, pp.383-384 (2000.6)
- [武田03] 武田裕也、田丸雅紹、久保満、他：ヘリカルCT画像を用いた肺がん比較読影支援システムの開発、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2003-55 (2003.10) (信学技報103,409,pp.51-54)
- [館野02] 館野之男：画像診断 病気を目で見ると、中央公論社、中公新書1676、2002.12.
- [玉木03] 玉木長良、志賀哲、久下裕司：受容体イメージング、Medical Imaging Technology, 21, 5, pp.344-349 (2003.11)
- [千原01] 千原國宏：超音波、コロナ社、2001
- [特集03a] 特集：Molecular Imaging, Medical Imaging Technology, 21, 5 (2003.11)
- [特集03b] Special issue on image registration, IEEE Trans. on Medical Imaging, 22, 11 (2003.11)
- [鳥脇00] 鳥脇純一郎：Virtual Endoscopyと外科応用、手術、54, 12, pp.1817-1823 (2000.3)
- [鳥脇02a] 鳥脇純一郎：3次元デジタル画像処理、昭晃堂、2002
- [鳥脇02b] 鳥脇純一郎：仮想化内視鏡システムの発想と実現、CADM News Letter, No.34, pp.4-12、コンピュータ支援画像診断学会 (2002.1)
- [鳥脇02c] 鳥脇純一郎：モデルとしての人体バーチャル空間とその探索、BME, 16, 8, pp.52-59 (2002)
- [鳥脇03a] 鳥脇純一郎、森健策：情報増強バーチャルエンドスコープ、in シンポジウム:手術シミュレーションと術中イメージングナビゲーション、第28回日本外科系連合学会学術集会、日本外科系連合学会誌、28, 3, p.422 (講演番号VS-2-1) (2003.6.20)
- [鳥脇03b] 医用3次元画像のモデルベース汎用CADシステムの理論とアルゴリズムの基礎的研究研究成果報告書、平成15年3月、名古屋大学 (2003.3)

- [鳥脇03c]鳥脇純一郎：バーチャル・リアリティと医用画像－巻頭言に代えて－、VR医学, 2, 1, pp.2-4 通巻2号 (2003)
- [鳥脇04] 鳥脇純一郎：ナビゲーション観察－内部自由視点による物体観察と医用応用、RADIOISOTOPE S, 2004 (印刷中)
- [中村03] 中村哲也：内視鏡による診断の進歩－Capsule内視鏡を中心として－、医科学応用研究財団第44回学術講演会資料、医科学応用研究財団、pp.1-2、2003.11.27
- [橋爪03a]橋爪誠：腹部外科手術へのVR技術の応用と将来、VR医学、1, 1, pp.7-15 (2002)
- [橋爪03b]橋爪誠：画像誘導下外科手術支援ロボティックシステムの開発、第12回日本コンピュータ外科学会大会論文集／第13回日本コンピュータ支援画像診断学会大会論文合同論文集、pp.305-306 (2003.12)
- [長谷川02]長谷川純一：バーチャル・エンドスコープの現状と将来、VR医学、1,1, pp.21-29 (2002)
- [林03b] 林雄一郎、樋口義剛、森健策、長谷川純一、末永康仁、鳥脇純一郎：ポリウムレンダリング画像における3次元関心領域の推定法の開発とその仮想化内視鏡システムへの応用、電子情報通信学会論文誌、J87-D-II, 1, pp.361-367 (2004.1)
- [林03c] 林雄一郎、太田圭亮、森健策、末永康仁、鳥脇純一郎、橋爪誠：X線CT像の変形に基づく仮想腹腔鏡像作成手法の開発、第22回日本医用画像工学会大会(JAMIT2003)抄録集、OP5-21 (2003.7)
- [早瀬04] 早瀬陽介、目加田慶人、森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、森雅樹、名取博：3次元胸部X線CT像からの多発性小結節検出手法、電子情報通信学会論文誌、J87-D-II, 1, pp.219-227 (2004.1)
- [松原03] 松原敦、北坂孝幸・森健策・末永康仁・鳥脇純一郎：3次元デジタル画像のトポジカルな特微量に関する一考察－肺組織の微細構造の形状解析に向けての予備的検討、信学技報PRMU2003-183、電子情報通信学会 (2003.12)
- [村垣03] 村垣善浩、伊関洋、丸山隆志、他：異種情報インテグレーションによる情報誘導外科の展開、第12回日本コンピュータ外科学会大会／第13回日本コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集、pp.1733-174 (2003.12)
- [森94] 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、横井茂樹、安野泰史、片田和廣：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)
- [森95] 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、安野泰史、片田和宏：3次元胸部CT像に基づく気管支内視鏡シミュレーションシステム(仮想化気管支内視鏡システム)、医用電子と生体工学(日本エム・イー学会論文誌), 33, 4, pp.343-351 (1995.12)
- [森00] 森健策、鳥脇純一郎：仮想化内視鏡システム、電子情報通信学会誌、84, 5, pp.294-298 (2001.5)
- [森00] 森健策、櫛田晃弘、長谷川純一、末永康仁、鳥脇純一郎、片田和廣：3次元医用画像の変形に基づく管腔臓器の仮想展開像の作成と胃X線CT像への応用、電子情報通信学会論文誌 D-II, J83-D-II, 1, pp.351-361 (2000.1)
- [森03] 森健策：仮想化内視鏡システムとコンピュータ外科・コンピュータ支援画像診断、第12回日本コンピュータ外科学会大会／日本コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集、pp.307-308 (2003.12)
- [山本03] 山本徹夫、久保満、河田佳樹、仁木登、松井英介、大松広伸、森山紀之：マイクロCT画像を用いた肺微細構造のビジュアライゼーション、電子情報通信学会技術研究報告(医用画像研究会)、MI2003-47、電子情報通信学会 (2003.11)
- [横山01] 横山耕一郎、北坂孝幸、森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎：解剖学的知識を利用した3次元腹部X線CT像からの腹部臓器自動抽出、電子情報通信学会医用画像研究会資料、MI2001-40(信学技報、Vol.101、No.310、pp.33-40) (2001.9)
- [横山03] 横山耕一郎、北坂孝幸、森健策、目加田慶人、長谷川純一、鳥脇純一郎：CT値の分布特徴を利用した3次元腹部X線CT像からの肝臓領域抽出、コンピュータ支援画像診断学会論文誌、7, 4-3, pp.1-11 (2003.6)

- [吉岡01] 吉岡政洋、森健策、末永康仁、鳥脇純一郎：ソフトウェアによる高速ボリュームレンダリング手法の開発と仮想化内視鏡システムへの適用、Medical Imaging Technology、19,6、pp.477-486 (Nov. 2001)
- [渡辺00] 渡辺恵人、長谷川純一、目加田慶人、森健策、縄野繁：胃部の3次元診断へ向けた胸部X線CT像からの胃壁ひだ自動抽出、画像の認識・理解シンポジウム講演論文集MIRU2000、II pp. II-295-II-300(2000.7)
- [Ackerman98] M.J.Ackerman: The visible human project, Proc. IEEE, 86, 3, pp.504-511(1998.3)
- [Bankman00] I.N.Bankman ed. : Hndbook of Medical Imaging, Academic Press, 2000
- [Deguchi04] Daisuke Deguchi, Kensaku Mori, Jun-ichi Hasegawa, Yasuhito Suenaga, Jun-ichiro Toriwaki, Hiroshi Natori, and Hirotsugu Takabatake : New similarity measure for bronchoscope tracking based on image registration, IEEE Trans. on Medical Imaging (投稿中)
- [Duchman03] A. H. Dachman , Ed. : Atlas of Virtual Colonoscopy, Springer-Verlag, 2003
- [IEEE03] Special issue on emerging medical imaging technology, Proc. of IEEE, 91, 10 (2003.10)
- [Kostis03] W.J.Kostis, A.P.Reeves, D.F.Yankelevits, and C.I.Henshke : Three-dimensional segmentation and growth-rate estimation of small pulmonary nodules in helical CT images, IEEE Trans. on Medical Imaging, 22, 10, pp.1259-1274 (2003.10)
- [Mori00] Kensaku Mori, Jun-ichi Hasegawa, Yasuhito Suenaga, and Jun-ichiro Toriwaki : Automated anatomical labeling of the bronchial branch and its application to the virtual bronchoscopy system, IEEE Trans. on Medical Imaging, 19, 2, pp.103-114 (2000.2)
- [Mori02] Kensaku Mori, Daisuke Deguchi, Jun Sugiyama, Yasuhito Suenaga, Junichiro Toriwaki, C.R.Maurer, Jr., Hirotsugu Takabatake, and Hiroshi Natori : A method for camera motion tracking of a bronchoscope using epipolar geometry analysis and intensity image registration of real and virtual endoscopic images, Medical Image Analysis, 6, 3, pp.321-336 (2002.10.2)
- [Harders03] M.Harders and G.Zekely : Enhancing human-computer interaction in medical segmentation, Proc. of IEEE, 91, 9, pp.1430-1442 (2003.9)
- [Hayashi03d] Yuichiro Hayashi, Kensaku Mori, Jun-ichi Hasegawa, Yasuhito Suenaga, and Junichiro Toriwaki : A method for detecting undisplayed regions in virtual colonoscopy and its application to quantitative evaluation of fly-through methods, Academic Radiology, 10,12,pp.1380-1391 (2003.12)
- [Hoehne85] K.H.Hoehne, B.P.Flessler, A.Pommert, M.Riemer, Th. Schiemann, R.Schubert, and U.Tiede : A new representation of knowledge concerning human anatomy and functions, Nature Medicine, 1, 6, pp.506-511 (1985)
- [Rogalla00] P.Rogalla, J.Terwisscha, van Scheltinga, B.Hamm eds. : Virtual Endoscopy and Related 3D Techniques, Springer, Heidelberg, Germany(2000)
- [Vining03] D.J.Vining : Virtual Colonoscopy : The Inside Story, in V.H.Dachman ed. : Atlas of virtual colonoscopy, Springer-Verlag, N.Y., pp.3-4 , 2003
- [Vining93] D.J.Vining, A.R.Padhani, S.Wood, E.A.Eserhouni, E.K.Fishman , and J.E.Kuhlmann : Virtual bronchoscopy : a new perspective for viewing the tracheobronchial tree, Radiology, Vol.189(P) Nov. 1993
- [Wehrli03] F.W.Wehrli, P. K.Saha, B.R.Gomberg, and H.K. Song : Noninvasive assessment of bone architecture by magnetic resonance micro-imaging-based virtual bone biopsy, Proc. of the IEEE, 91, 10, pp.1520-1542 (2003.10)
- [Yasuda90] T.Yasuda, Y.Hashimoto, S.Yokoi, and J-I.Toriwaki : Computer system for craniofacial surgical planning based on CT images, IEEE Trans. on Medical Imaging, 9, 3, pp.270-280 (1990-9)



(付録) 筆者発表の仮想化人体関連文献

仮想化された人体とナビゲーション診断に関して、これまでに筆者が発表した主な論文・資料・解説などは下記の通りである。

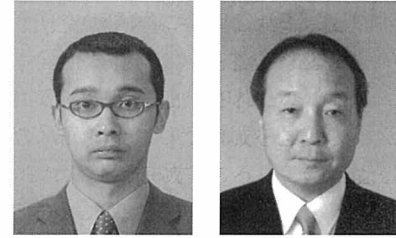
- [森94] 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、横井茂樹、安野泰史、片田和廣：医用3次元画像における管状図形抽出と気管支内視鏡画像のシミュレーション、3次元画像コンファレンス'94講演論文集、pp.269-274 (1994.7)  
\*仮想化内視鏡(バーチャルエンドスコープ)の最初の発表。世界的にもViningとほぼ同時で、インタラクティブ動作を実現したのは最初である。
- [鳥脇95a] 鳥脇純一郎：医学におけるバーチャルリアリティの可能性—X線100年・コンピュータ50年・CT25年を考える—、新医療、22, 10, No.250, pp.26-30 (1995.10)  
\*バーチャルリアリティの医療における可能性を考察した論説。
- [鳥脇95b] 鳥脇純一郎：医用画像処理とバーチャルリアリティ、BME、9, 11, pp.12-20 (1995.11)  
\*医療におけるバーチャルリアリティ応用の可能性を日本エムイー学会誌において解説。
- [森95c] 森健策、長谷川純一、鳥脇純一郎、安野泰史、片田和宏：3次元胸部CT像に基づく気管支内視鏡シミュレーションシステム(仮想化気管支内視鏡システム)、医用電子と生体工学(日本エム・イー学会論文誌)、33, 4, pp.343-351 (1995.12)  
\*仮想化内視鏡システムに関する、おそらく世界最初の学術論文。
- [鳥脇97] 鳥脇純一郎：仮想化された人体とナビゲーション診断、BME(日本エム・イー学会誌)、11, 8, pp.24-35 (1997)  
\*ナビゲーション診断という言葉と考え方を初めて提唱した。
- [鳥脇98] 鳥脇純一郎：バーチャルリアリティ技術による診断・治療支援、日本コンピュータ外科学会誌、1, 1, pp.5-18 (1999.3)  
\*バーチャルリアリティの医用応用に関する論文のサーベイ。主に外科応用中心。
- [鳥脇00] 鳥脇純一郎：仮想化された人体のナビゲーションに基づく診断・治療支援、「手術」、54, 4, pp.483-491, 金原出版、(2000.4)  
\*仮想化された人体とナビゲーション診断の可能な形を、主に外科領域向きに解説。
- [鳥脇02a] 鳥脇純一郎：モデルとしての人体バーチャル空間とその探索、BME、16, 8, pp.52-59 (2002)  
\*人体のモデルと言う観点から仮想化人体の特徴、性格を考察し、ナビゲーションの意義について触れる。
- [鳥脇02b] 鳥脇純一郎：仮想化内視鏡システムの発想と実現、CADM News Letter, No.34, pp.4-12、コンピュータ支援画像診断学会 (2002.1)  
\*仮想化内視鏡システム(バーチャルエンドスコープ)の世界における初出論文発表について調査した結果を述べる。
- [鳥脇03c] 鳥脇純一郎：バーチャル・リアリティと医用画像—巻頭言に代えて—、VR医学、2, 1, pp.2-4 通巻2号 (2003)  
\*医用バーチャルリアリティ応用の形態について分類して簡単に論述した。
- [鳥脇04] 鳥脇純一郎：ナビゲーション観察—内部自由視点による物体観察と医用応用、RADIOISOTOPES (2004.5) (印刷中)  
\*医用に限らず、一般の物体観察の一方法としての内部視点、移動観察(ナビゲーション観察)を提案し、具体的実現例を示す。

## ● 研究動向紹介

### 胃部3次元診断のための知的可視化機能

— 苦痛のない胃カメラをめざして —

中京大学大学院 情報科学研究科 渡辺恵人  
中京大学 情報科学部 メディア科学科 長谷川純一



#### 1. はじめに

我が国のがんによる死亡のうち、胃がんの占める割合は、男性では18.6%で第2位、女性では15.6%で第1位（いずれも平成11年度統計）と非常に高い。しかし、胃がんの死亡率は年々減少傾向にあり、昭和35年に73.1であった人口10万対死亡率が、平成11年には26.4と大きく減少している[1]。これは、胃がんの早期発見を目的とした診断が積極的に行われてきたためと思われ、今後も継続した取り組みが望まれる。

胃の初期診断には、胃X線検査と内視鏡検査が広く用いられている。胃X線検査は、バリウム（造影剤）と発泡剤を服用後に胃をX線撮影し、その画像を用いて胃の全体形状や胃壁面の微妙な凹凸を診断するものである。内視鏡検査は、直径6～12mm程度のファイバースコープを飲み込み、胃の内壁の状態を直接観察しながら診断を行うものである。これらの検査は、程度の差はあるものの、患者に何らかの苦痛を与える検査であり、とくに、内視鏡検査は胃の内壁面を傷つける危険性さえある。図1に同一患者の胃X線像と内視鏡像の例を示す。

一方、頭部や胸部の診断によく用いられるX線CT検査は、X線CT撮影装置（CTスキャナー）から得られる人体の断面像（スライス像）を用いて診断するもので、連続した複数のCT像を用いれば3次元的な診断が可能である。数年前までは、一回のスキャンで一枚のスライス像しか生成することができず、また、スライス内解像度が0.5～1mm程度であるのに対し、体軸方向の解像度は5mm程度が限界であった。このため、CT像は、臓器壁面の微妙な形状変化を読み取る必要のある胃の診断に用いられることはあまりなかった。しかし、マルチスライスCTの登場によって、現在では、一回のスキャンで、3次元空間のどの方向にも0.5mm程度の解像度を持つ画像が一度に複数枚得られるようになった。そのため、胃の診断においても、CT像を用いた検査法に期待が高まっている。しかし、先に述べたように、胃の病変を発見するには、胃壁面の微妙な形状変化を3次元的に読み取る必要があるため、スライス面だけを見て診断するのは困難である。例えば、図2は、図1と同じ患者の腹部CT像から得られた3種類のスライス像の例であるが、これだけから胃壁面の3次元的形状を捉えるのはやはり難しい。そこで、せっかく高解像度の腹部CT像が使えるようになったのであるから、仮想化内視鏡システム（Virtualized Endoscope System、以下VESと略記）[2]を利用したナビゲーション型胃検査システムを開発してはどうかという考えが生まれた。

VESの映像（VE像）は、色やテクスチャの情報はないものの、形状情報は実際の内視鏡像に近いものを表現できる。また、X線被爆の問題はあるものの、患者への負担は実際の内視鏡よりはるかに小さい。さらに、VESは、実際の内視鏡では見ることのできない方向や、入っていけない場所の映像を生成することができるし、VE像に人間あるいは計算機が認識・計測した結果を重ねて表示することもできる。このため、VESは患者に苦痛を与えず、かつ、多様な観察を可能にする新しい検査ツールとして臨床の現場からも注目されている。以下では、筆者らが開発を進めている胃検査用VESを紹介する。

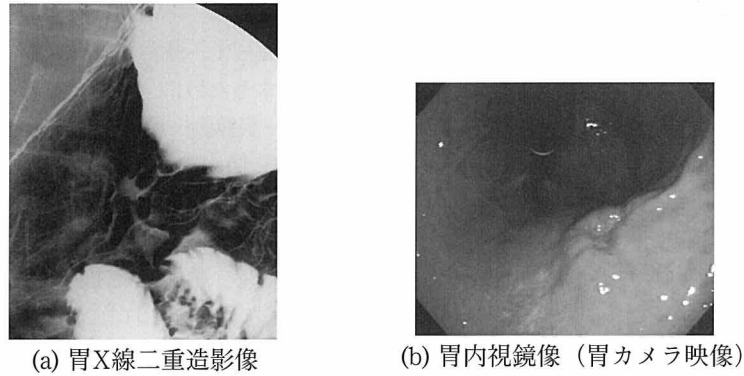


図1 実際に胃の診断に使われている画像の例



図2 CTスライス像の例（左から、Axial断面、Coronal断面、Sagittal断面）

## 2. 胃検査用VES

我が国の胃がんの約6割は、胃のひだの集中を伴うがんであると言われる。図1の症例はその典型例である。例えば、同図(a)では、白い線状のひだ領域（実際はそれらに挟まれた領域）がある点に向かって集中しているのが見える。同図(b)でも、山脈状のひだ領域がある点に集まっているのが分かる。いずれの場合も、ひだが集中する場所ががん病変部がある。従って、胃検査用VESには、これらのひだ領域の観察を容易にする機能や、それらの集中の程度を定量的に計測できる機能が求められる。

そこで、筆者らの開発する胃検査用VESの機能として、通常の表示機能に加え、次の3つの機能；(1)胃壁ひだの強調表示機能、(2)胃壁ひだの集中度の定量表示機能、および、(3)集中度に基づく病変部候補領域表示機能、を開発した。以下、それぞれを詳しく説明する。

### 2.1 通常の表示機能

筆者らが開発に利用したVESは、入力された腹部CT像、視点位置、視線方向に基づいて、VE像をボリュームレンダリングという方法で生成する。これは、画素ごとに与えられた陰影値と不透明度を用いて3次元濃淡画像を直接表示する方法である。なお、表示対象領域を抽出したのち、その表面をサーフェスレンダリングという手法で表示する方法もあるが、ここでは採用していない。理由は、表示対象領域を期待通りに抽出できないことが多いからである。また、一般にボリュームレンダリングはサーフェスレンダリングに比べ処理時間が長いとされている。高速に行うためには、一般に専用ボード等の利用が考えられるが、ここではソフトウェアレベルで高速化[3]することによって、市販されているPCでも高速な描画を実現している。

視点と視線を変化させることによって、任意の視点からの映像を得ることができる。それを連続して行えば、胃の内部をナビゲーションしながら観察しているような映像が作り出せる。図3(a)に上記の方法で表示したVE像の一例を示す。なお、この画像は図2で用いたCT像から生成した画像で、画像の中心付近に病変部が存在している。

## 2.2 ひだの強調表示機能

前述のように胃壁ひだは診断において重要な情報となる。従って、通常のVE像上に胃壁ひだの位置を分かりやすく提示できれば診断上有効である。この機能を実現するために、まず、腹部CT像からひだ領域を自動抽出する手順を開発した。この手順では、モロフォロジー演算の一種である濃淡トップハット(Tophat)演算を利用する[4]。具体的には、まず、原画像である腹部CT像から胃内空気領域に突起した領域と取り除いた画像を生成し、次にこの結果と原画像との差分をとり、最後に差分値が高い領域を抽出する。この処理によって、CT像から非常に細かいひだまで抽出できることが知られている[5]。抽出されたひだ領域にある特別の陰影値と不透明度を割り当てて表示することによって、通常のVE像上にひだ領域を強調表示できる。図3(b)にこの機能で生成したVE像を示す。白い領域が強調表示されたひだ領域である。この機能を使えば、ひだの配置状態やその特徴（この例では集中状態）を確認しやすくなる。

## 2.3 ひだ集中度の定量表示機能

さらに、ひだの集中の程度を定量化し、それをVE像上に可視化できたなら、それは、より高度な診断支援型VESになる。これを実現するには、ひだ集中の定量化方法と、結果の提示方法を開発しなければならない。そこで、前者については、“線図形に対する集中度”という概念を用いることにした。2次元平面および3次元空間の線図形に対する集中度の定義はすでに与えられている[6][7]。しかし、胃壁ひだのように任意の曲面（胃壁面）上に存在する線図形についてはまだ検討されていない。そこで、曲面上の線図形に対する集中度とその計算法を新たに提案した[8][9]。これについては、以下の[集中度の説明]のところで詳しく述べる。また、後者については、いろいろな提示法が考えられるが、ここではとりあえず色相を使い、胃壁面上で高集中度の点には暖色系、低集中度には寒色系の色を割り当てて表示する。図3(c)にこの表示機能で生成したVE像を示す（本誌表紙のカラー表示も参照）。カラー表示では、病変部付近が赤く表示されているのが分かる。なお、計算時間は1点あたり約5秒である。

### [集中度の説明]

点 $p$ における集中度 $C(p)$ は、その点に線がどの程度集中しているかを表す特徴量で、次式で定義される。

$$C(p) = \frac{\sum_R \frac{dx \cos \theta}{r}}{\sum_R \frac{dx}{r}}$$

ここで、 $R$ は評価対象領域、 $dx$ は線素と呼ぶ微小線分の長さ、 $r$ は $p$ から線素までの距離、 $\theta$ は線素の方向と線素から $p$ を結ぶ線分とのなす角である。すなわち、上式の分子は、 $R$ 領域内の線素の $p$ への方向成分を距離の逆数で重み付けしたものの総和であり、分母はその正規化項である。従って、 $C(p)$ は $R$ 内のすべての線素が $p$ の方を向いているとき1で、 $p$ の方向と垂直ならば0となる。なお、線素はデジタル線図形においては、端点と分岐・公差点以外のすべての点で定義される微小線分で、両隣の2点を結ぶ線分と同じ方向で長さはその半分である。

以上は2次元図形に対する集中度の定義[6]であり、これは3次元図形にもそのまま適用できる[7]。しかし、曲面上の図形に適用する場合は、上記の $r$ 、 $dx$ 、 $\theta$ の定義がそのまま使えない。例えば、 $r$ については、直線的には近くても、曲面上では遠い場合がある。また、 $\theta$ についても、空間的には $p$ の方を向いていない場合でも、曲面に沿って見た場合には $p$ の方を向いていることもある。そこで、この問題を解決するため、 $r$ と $dx$ については、それぞれ曲面に沿って計測した距離を用い、また、 $\theta$ については、 $p$ での接平面に原図形を局所投影し、その投影図形上で計測した角度を用いる[8][9]。

## 2.4 集中度に基づく病変候補領域表示機能

がんなどの存在が疑われる場所をVE像上に明示することも診断支援の一つになる。がん候補領域は、(1)集中度が高い、(2)計算に用いた線素数が多い、という2条件を満たす領域とした。図3(d)にこの機能で生成したVE像を示す。この例では、真のがん病変部が正しく抽出できているのが確認できる。なお、拾いすぎは1症例あたり約11個であった。

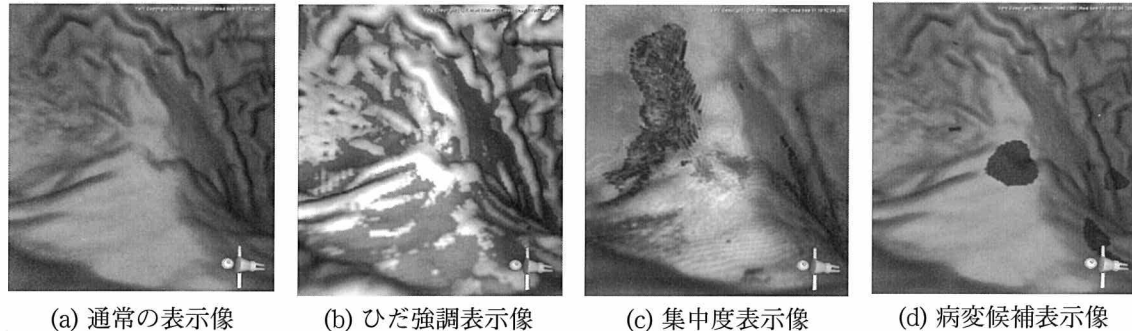


図3 種々の表示機能を使って生成された仮想化胃内視鏡像 (VE像) の例

## 3. まとめ

本稿では、胃検査用VES (仮想化胃内視鏡) のために新しく開発された3つの表示機能を紹介した。これらの機能は胃のCT診断を支援する上でいずれも重要な機能であると考えられる。VESは患者に苦痛を与えず、かつ、多様な観察を可能にする新しい検査ツールとして期待されており、今回の成果はその可能性をさらに広げるものである。今後は、多試料を用いた評価実験、処理の高速化などを進め、近い将来には本システムの臨床試験を行えるようにしたいと考えている。

なお、本開発には名古屋大学大学院森健策助教授らが開発したNewVESを利用させて頂いた。また、本研究のために貴重な画像を提供頂いた国立がんセンター東病院縄野繁博士に感謝する。

## 参考文献

- [1] がんの統計編集委員会：がん統計01(WWW), 財団法人がん研究振興財団, 国立がんセンターホームページ (URL [http://www.ncc.go.jp/jp/statistics/2001/index\\_j.html](http://www.ncc.go.jp/jp/statistics/2001/index_j.html)), Sep. 2002
- [2] 森健策, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, 安野泰史, 片田和廣: 3次元胸部CT像に基づく気管支内視鏡シミュレーションシステム(仮想化気管支内視鏡システム), 医用電子と生体工学, 33, 4, pp.343-351, Dec. 1995
- [3] Kensaku Mori, Yasuhito Suenaga and Jun-ichiro Toriwaki: Fast volume rendering based on software optimization using multimedia instructions on PC platform, Proc. CARS2002, pp467- 472, June 2002
- [4] 渡辺恵人, 長谷川純一, 目加田慶人, 森健策, 縄野繁: 3次元トップハット変換を用いた腹部X線CT像からの胃壁ひだ抽出, 電子情報通信学会論文誌(D-II), J85-D-II, 7, pp.1250-1258, July 2002
- [5] 渡辺恵人, 堀場裕司, 長谷川純一, 目加田慶人, 森健策, 縄野繁: 腹部X線CT像からの胃壁ひだ領域自動抽出手順の改善, 電子情報通信学会技術研究報告, MI2002-17, May 2002
- [6] 目加田慶人, 尾坐幸一, 長谷川純一, 鳥脇純一郎: 線図形における局所的集中パターンの特徴量とその応用, 電子情報通信学会論文誌, J77-D-II, 9, pp.1788-1796, Sep. 1994
- [7] 目加田慶人, 平野靖, 長谷川純一, 鳥脇純一郎: 3次元デジタル線図形解析のための3次元集中度とそのX線CT像への応用, 電子情報通信学会論文誌, J80-A, 7, pp.1162-1170, July 1997
- [8] 渡辺恵人, 長谷川純一, 目加田慶人, 森健策, 縄野繁: 曲面上の線図形に対する集中度計算法とその胃壁ひだ解析への応用, 電子情報通信学会技術研究報告, MI2002-92, Jan. 2003
- [9] 渡辺恵人, 長谷川純一, 目加田慶人, 森健策, 縄野繁: 腹部X線CT像を用いた胃壁ひだパターンの集中性解析, 電子情報通信学会論文誌(D-II), J87-D-II, 1, pp.155-163, Jan. 2004

## ● 研究動向紹介

### 仮想化人体観察に基づく大腸診断

名古屋大学大学院 情報科学研究科メディア科学専攻  
†名古屋大学大学院 工学研究科情報科学専攻

目加田慶人, 林雄一郎<sup>†</sup>, 森健策



#### 1. はじめに

20年前の日本で“がん”といえば圧倒的に胃がんであった。現在では肺がんや肝臓がん、大腸がん、前立腺がん、乳がんといった様々ながんが罹患率、死亡率ともに増えてきている。その中でも、大腸がんは生活様式の欧米化に伴い年々増加している[1]。全ての病気に言えることだが、自覚症状が出てから病院で検査を受けて発見されるより健康診断等で自覚症状の無い段階で発見された場合の方が明確に良い治療結果がえられるため、早期発見が非常に重要となる。例えば、便の中の血液を測定する方法(免疫便潜血検査2日法)により、進行がんの約80%、早期がんの約50%を検出可能という報告があるが、2日間検便を行う必要があり必ずしも簡単にできる検査とは言えない。大腸内視鏡診断においても、患者の苦痛を伴うこともあり集団検診向きとはいえない。そのため特に米国において、大腸をX線CT装置で撮影してこれを観察する仮想内視鏡診断への取り組みが活発である[2]。最近ではCT像の空間解像度が向上していること、また、計算機の能力も飛躍的に向上して大容量の3次元画像が簡単に処理・表示可能になったことから、実用化目前の競争の激しい分野でもある。我々のグループにおいても、仮想化内視鏡に関する研究の創世記注1から現在にいたるまで研究を進めており、高精細かつ高速な表示だけでなく、仮想化人体の特徴である“様々な見やすくなる工夫”、“計測に基づく診断支援情報”に重点をおいて研究を進めている[3]。本稿では、その中のいくつかの話題について報告する。

#### 2. 大腸の仮想観察

先にも述べたように仮想化された人体に基づく診断の長所は、一度人体を撮影しておけば様々な表示方法により自由な観察が可能となることである。図1はその典型的な画面の構成例である。図の左のウィンドウには大腸の内壁面をボリュームレンダリングと呼ばれるアルゴリズムにより描画したもので、単に仮想化内視鏡像と呼ばれることが多い。右上のウィンドウは大腸を外部から見た様子をポリゴン表示したもので、現在の視点の位置(内視鏡の先端位置)が同時に表示されることにより今どこを見ているのかを直感的に知ることができる注2。右下のウィンドウは現在の視点位置に対応するCT画像のスライス断面が表示されている。大切なことは、これらの情報がシームレスに統合されていることであり、観察者は視点位置をインタラクティブに変更することにより大腸内部(もちろん外部でもよい)をフライスルーして診断を行うことになる。

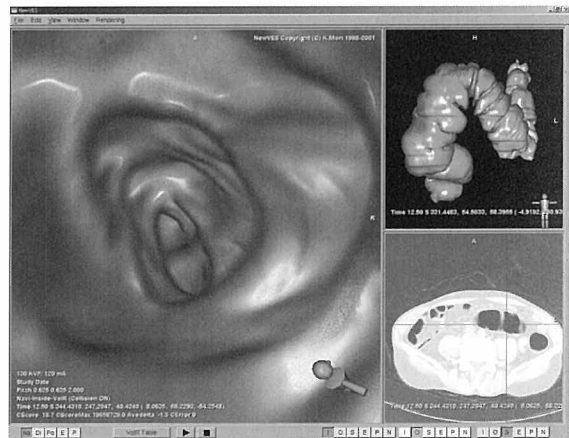


図1 大腸仮想化内視鏡システム表示例

注1 仮想化内視鏡に関する歴史はまだ浅く、約10年である。

### 3. 仮想化内視鏡の特性を生かした情報提示方

前節で紹介した仮想化内視鏡システムの例は、3つの表示方法で撮影された3次元画像をそのままの状態でも可視化しているだけで、高速なレンダリング技術や洗練された操作系など高度な技術は含まれているものの、仮想化内視鏡としては基本システムである。この節では、高度な画像処理技術により様々な情報を付加して仮想化された人体を効率良く観察するための工夫に関して紹介する。

#### 3.1 未提示領域の表示

仮想化内視鏡システムでは自由な視点から対象オブジェクトを観察することができるが、診断という観点からはこの自由度が診断結果のばらつきをもたらす可能性がある。大腸は複雑な形状をしており、とくにハウストラと呼ばれるひだによる凹凸により死角となる部分が多く存在している。このような死角部分に仮に病変があればそれは見落としに直結するため、大腸壁面を効率良く表示する必要がある。そこで、フライスルーの間に画面に表示されていない領域を求める手法を開発した。これは、各フレームに対して、ポリゴン表示の場合には各ポリゴンが描画されたか否かを判定し、ボリュームレンダリング表示の場合には投影面上の陰影値に最も影響を与える画素を推定することにより画素単位での表示・非表示の判定をしている[4]。

例えば、大腸の中心線付近をフライスルーした場合には、大腸内壁面のおよそ30%の領域を見ることができないという結果を得ている。図2に中心線に沿って仮想観察したときの未提示領域の例を示す。画面に表示されたこととその部分を見(診)た事は等価ではないが、画面に表示されていない領域は少なくとも見てはいないという点で未提示領域を知ることは、より適切なフライスルーパスを生成したり、未提示領域を再観察するなど大腸仮想内視鏡診断の精度向上に貢献する技術である。



図2 大腸内視鏡検査における未提示領域(大腸表面の暗い領域)  
(左) 自動フライスルーに用いたパス、(中)未提示領域((左)と同じ向き)、  
(右)未提示領域((中)と逆の視点から表示)

#### 3.2 大腸壁面の形状特徴解析による病変候補の検出

多くの大腸がんはポリープ状の形状特徴をしている。また、ある種のポリープはがん化する可能性が高いため、ポリープを検出することが実内視鏡検査や仮想化内視鏡検査の目的の一つとなる。大腸をフライスルー観察している場合、内壁面の情報は逐次更新されているため、微妙な凹凸を見落とす可能性がある。そのため、予めポリープのような形状をした領域を検出しておき、それをフライスルー中に強調表示したりポリープ候補領域が存在する場所で観察者に何らかのフィードバックを与えることにより、診断精度を向上することが期待できる。大腸ポリープは大腸内壁面上の凸状に突起した領域である。そこで、大腸内壁面に当てはめた曲面の曲率を求め、その曲率のパターンをシェイプインデックスとして定量化することにより、ポリープ候補領域の検出を試みた(図3)[5]。

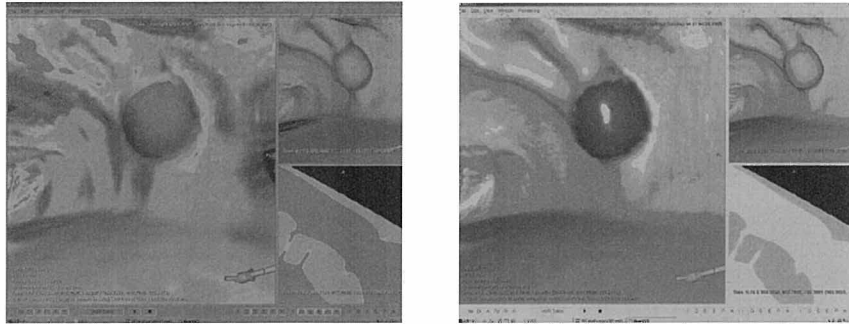


図3 曲率パターンによるポリープ検出  
 (左)シェイプインデックスによる擬似濃淡表示、  
 (右)凸領域検出によるポリープ候補領域表示  
 (画像中央の領域がポリープ領域)

#### 4. まとめと今後の動向

本文では仮想化された人体の観察に基づく診断支援の一例として、大腸仮想化内視鏡に関する最近の研究事例を紹介した。今回紹介した事例はかなり実用化に近い位置にあるが、より高度な大腸診断支援システムとするには、詳細な曲面形状の分類、ポリープ以外の病変への対応、効率の良いフライスルーパスの生成やユーザインタフェースの改善など、まだ検討すべき課題も残されている。大腸の観察に限らず、そこに画像化されている全ての情報を利用した計算機診断支援システムの構築が理想的なゴールである[6]。

#### 参考文献

- [1] <http://www.ncc.go.jp/jp/statistics/index.html>, がんの統計, 国立がんセンター情報委員会
- [2] 吉田広行: virtual colonoscopyによる大腸癌スクリーニング 米国における現状と将来展望, 胃と腸, 第37巻, 第11号, pp.1379-1385(2002)
- [3] 森健策: 手術支援画像: 工学的な立場から~仮想化内視鏡と手術支援画像生成~, 日本コンピュータ外科学会誌, 第5巻, 第2号, pp.69-74(2003)
- [4] 林雄一郎, 森健策, 長谷川純一, 末永康仁, 鳥脇純一郎: バーチャルコロノスコーピーにおける未提示領域に基づくフライスルー手法の観察能力の定量評価, 生体医工学, vol.40, No.4, pp.247-252 (2002)
- [5] 木村 崇博, 林 雄一郎, 北坂 孝幸, 森 健策, 末永 康仁: 形状情報に基づく3次元腹部X線CT像からの大腸ポリープ自動検出手法に関する検討, 電子情報通信学会医用画像研究会資料 (2004)
- [6] <http://www.future-cad.org/fcad/>, 特定領域研究:多次元医用画像の知的診断支援



## ● 施設紹介

### 協調学習実験室 施設紹介

認知科学科 三宅なほみ



2003年12月、HRC研究費により7階協調学習実験室のノートパソコン40台およびネットワーク設備が新しくなりました。

新しいノートパソコンはCPUにPentium4 2.4GHzを搭載し、液晶画面はSXGA+（1400×1050）の大画面となりました。また、90分程度の講義であればバッテリー駆動で使い続けることが出来ます。これまでのノートパソコンではマルチメディア教材を用いた協調学習支援ソフトを使用すると、動作速度の遅さや画面の小ささなどがストレスになっていましたが、新しいノートパソコンでは快適に動作し、より多くの情報を同時に表示して比較吟味することが出来るようになりました。

ネットワークはIEEE 802.11g規格(54Mbps)による無線LAN接続となりました。これまで机一机や床一机を結ぶネットワークケーブルを講義中に学生が誤って抜いてしまうというトラブルがしばしば発生していましたが、今後はこのようなトラブルで講義が中断することは無くなると思われれます。

電源ケーブルとネットワークケーブルの制約が無くなることで、講義に応じたより柔軟なレイアウトで活動を行うことが出来ます。



写真1 新しいノートパソコン

高速なCPUと大型の画面を備えているので、より多くのマルチメディア教材を同時にストレス無く扱うことが出来ます。



写真2 無線LANステーション

IEEE 802.11g規格の無線LANを導入しました。教室内のどこからでも無線でネットワークに接続できます。

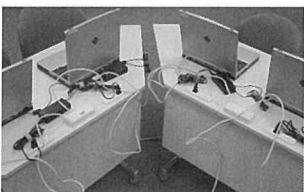


写真3 以前のノートパソコンの設置状況

机上だけでなく机間にもケーブル接続が必要だったため、ケーブルの取り回しの手間が柔軟なグループ活動の妨げになっていました。

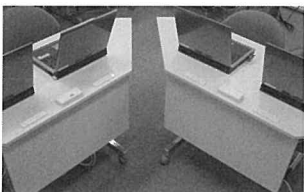


写真4 新しいノートパソコンの設置状況

バッテリー駆動・無線LAN接続によりケーブルが必要なくなり、より柔軟なグループ活動が可能となりました。

## HRC研究と設備の紹介

情報科学部情報科学科 奥水大和



文部科学省の支援（ハイテクリサーチセンター）で推進中の研究の概要と主な機器について紹介する。研究テーマは、「顔を中心にした人の多元感性情報の統合とヒューマンインターフェース映像メディア創生の研究」である。

### 1. 研究目的と概要

本研究では、顔を中心にした人の様々な行動を画像、映像メディアとして捉え、そこから人体や顔の特徴、動きの個性、感情、意図などの個に属する感性情報、更には、性差、世代、地域性、職業性、民族性といった集団に属する感性情報を収集、分析、生成することを想定して、それらを可能とする技術を蓄積し、更には、それらを統合して多元的な人体活動のモデルを構築する。これによって、携帯電話や情報ネット環境における新しいヒューマンインターフェースメディアとしての顔メディアの可能性を追求する。具体的には、

- (1) 濃淡、3D表現された顔や人体の多元的な画像・映像を収集し、これらの画像解析手法を蓄積し、顔映像メディア分析・生成のための多元感性情報処理の体系を構築する。Hough変換などのような大局的特徴抽出機構の検討、多視点カメラからの人物抽出・認識の検討、顔や人のアピアランスからの年齢・性別推定の可能性などの検討項目を含める。更に、似顔絵作家からの協力も得て、視覚感性情報処理に関する考察を深める。
- (2) 特に、リアルタイム3D計測技術を実用レベルに近づけて、これまで困難であった表情やジェスチャなどの動きの3D的情報を取得する技術を確立する。また、これを用いて、人体活動に即応できるモーションキャプチャへの応用を行う。
- (3) 2Dから3Dの動画像・映像の効率的な解析技術とこれらを分かりやすく表示するCG技術の蓄積をはかる。
- (4) 画像・映像のような曖昧な非言語的情報から数理的に分析可能な特徴ベクトルを抽出する技術の基礎を確立する。更に、画像・映像メディアに対する非言語的・言語的研究の統合の利点を生かす。
- (5) 画像情報の組織化と情報システムの知能化に関する技術の確立を目指す。顔に対する印象語と画像的特徴との関連を分析して、画像メディアと記号的データ解析の統合を目指す。
- (6) カメラを搭載した視覚を有するロボットと人の間のインターフェース技術を確立する。ロボットの動作を世界座標系から正確にキャプチャするシステムの開発を含める。

### 2. 具体的な研究内容

推進する具体的な研究内容を年次的にまとめると、次のようになる。

平成15年

- (1) 顔画像データの収集（2D、3D、映像）と解析手法の蓄積。
- (2) リアルタイム3D動画像計測手法の実用性を検討する。
- (3) 数学的、物理的現象の可視化技術を蓄積する。

- (4) 顔の特徴抽出、パターン認識のための基本手法を蓄積する。
- (5) 顔画像（非言語的情報）への言語的ラベル付けのデータを蓄積する。
- (6) カメラを搭載したロボットの実現を図る。

#### 平成16年

- (1) 似顔絵（2D、3D、動画像・映像）の生成法の検討と実験を行う。
- (2) リアルタイム3D計測技術を洗練する。
- (3) 顔などの人物の感性情報の可視化手法について検討する。
- (4) (1) で収集した顔データによる特徴抽出・パターン認識の実験を行う。
- (5) 顔に対する言語的ラベルの特徴空間を分析するAI手法を検討する。
- (6) カメラを搭載したロボットの動作を観察する環境視覚を確立する。

#### 平成17年

- (1) 多視点カメラ（サラウンド型、ステレオ型ハイスピードカメラ）による感性情報の解析を行う。
- (2) 表情、ジェスチャをリアルタイム3D計測して、データを蓄積する。
- (3) 人物の動きなどの可視化法のインタラクティブな実現を図る。
- (4) 特徴選択の手法（テスト法）の検討を行う。
- (5) データマイニング手法を利用して、画像情報の組織化と情報システムの知能化のための方法論を確立する。
- (6) 能動的に人とインタラクションするロボット視覚を実現する。とくに表情、個人認証を対象とする。

#### 平成18年

- (1) 顔からの性別・年齢などの属性情報の抽出と応用について検討する。
- (2) リアルタイム3D計測動画像から、表情やジェスチャの感性情報抽出の手法を蓄積する。
- (3) 情報ネット上の人物表示法を検討して、ヒューマンインターフェースとして位置づける。
- (4) 顔や人体の特徴量とパターン（非言語情報）との関連を分析する。
- (5) 非言語的特徴空間を構成して、顔画像、映像の知的な検索システムを構築する。
- (6) 特に（1）との関連で、システム実装を強化する。

#### 平成19年

- (1) アイコンタクト顔映像の生成などによるネット上の顔メディア創生の検討と全体システムへの統合をはかる。
- (2) 表情、ジェスチャを含むモーションキャプチャの技術を確立する。特に（1）との体系的な関連をつける。
- (3) 顔・人物ヒューマンインターフェースメディアの表示法を、特に（1）との関連をつける。
- (4) 顔と人体の感性情報特徴と数理的特徴の関連を明らかにし、特に（1）との関連を明確にする。
- (5) 顔を対象として画像メディアと記号的データの統合を行い、特に（1）における活用法を提案する。
- (6) カメラを搭載した視覚つきロボットと人とのヒューマンインターフェース技術を提案する。

### 3. 主な設備

この研究の推進のために、マルチPC、マルチ画像制御・表示を特徴とする設備、「人と顔の画像感性情報取得・解析・生成のためのPC-ネットワークシステム」を設置した。機器構成と機能の概要は、

- a. サーバPC画面の16台ディスプレイへの拡大表示
- b. 高精細画像の16台ディスプレイへの拡大表示
- c. 動画像コンテンツの16台ディスプレイへの拡大表示
- d. Ladybugパノラマ動画像の表示

であり、その動作環境は、

- a. ノードPC(16台)  
OS：Win2000  
CPU：Pentium3 866MHz Dual  
Memory：128MB
- b. 総合PC  
OS：Win2000  
CPU：Xeon 1.4GHz Dual  
Memory：1GB
- c. 距離画像(4台のステレオカメラ)  
解像度：320×240～160×120  
テクスチャ画像：512×384～128×96
- d. ポリゴンデータ(4台のステレオカメラによる統合)  
ポリゴン数：ノード数3、  
距離画像320×240の場合およそ30万ポリゴン
- e. テクスチャ画像(12台のカメラ)  
毎秒12frame  
320×240：375KB/frame  
640×480：1.5MB/frame

である。

写真は、このシステムの外観であり、この約3 mの直方体状の空間内での人物のパフォーマンスを、ほぼリアルタイムで3D復元することができる。

例えば、ドリブルするバスケットボール選手とボールの3D復元モデルが構築できる。



#### 4. むすび

このような計画の中、上記の設備を用いて、

- ・リアルタイムで動作する動的な似顔絵生成システム (motion-PICASSO) の実現
  - ・複数人物の3Dリアルタイムトラッキングシステム (ソフトピア、HOIPプロジェクト) の実装
  - ・頭部向きと視線検出による人に優しいアイカメラシステムの実現
- などの当面の課題に取り組んでいる。

関係各位のご支援に感謝し、ここで生まれた諸成果が広く活用されるよう、一層のご指導をお願い申し上げる次第である。

## ●トピックス

### 生命システム工学部施設・設備紹介

情報科学部メディア科学科 瀧 剛 志



新しく建設された生命システム工学部棟は、5階建ての教室・実験棟（17号館）及び8階建ての研究棟（18号館）からなります。教室・実験棟には、コンピュータ演習室、ノートPC接続を考慮した講義室、教育・研究用の各種実験室などがあり、研究棟には、教員居室、学部長室、会議室、資料室などがあります。また、これらの棟の3階部分と、8号館1階および16号館（メディア棟）3階が渡り廊下で接続されるため、人工知能高等研究所からも館内経由でアクセス可能となります。

ここでは、生命システム工学部で予定している研究・教育内容の一端を知って頂くため、学部に設置される各種実験室について、その主な設備とそこで予定される研究内容を簡単に紹介したいと思います。



#### ●人体生理実験室

人体生理実験室の一画には温度や湿度のみならず、雨や風などの気象条件を人工的に設定できる人工気象室が設置されます。気象室の中には、運動負荷装置としての大型トレッドミルが設置され、トレッドミルの下に埋めこまれた回転台を可動することによって、追い風・迎え風・横風条件下での歩行や走行状態をシミュレーションすることができます。実験では、これらの装置を用いて様々な気象条件下における運動時の生理学的応答を観察します。例えば、呼吸器系の応答については呼気ガス分析器、循環器系は生体情報モニター装置やレーザー血流計、神経・筋系は筋電図検査装置を用いてヒトの生理機能を評価します。本実験室には、この他にも神経制御機構解析システムや床反力計測システムなどが設置されており、人体生理に関する総合的な実験が可能です。

#### ●仮想体感実験室

大型スクリーンを4面（正面、下面、左右面）に設置し、各スクリーンにコンピュータで生成した映像（CGや実写合成など）を継ぎ目の見えないように投影することで、その中に仮想的な空間を構築できるというバーチャリアリティ（VR）システムを備えています。体験者が、周りを見回したり、その中を歩き回ったりすると、その位置や視線方向によって、表示される映像も変化し、また、液晶シャッターメガネを装着することで、投影された映像を立体視することもでき、非常に高い没入感が得られます。さらに、モーションベースとよばれる電動6自由度の可動床をその内部に設置しますので、揺れや衝撃を実際に身体で体感でき、映像と組み合わせることで、より効果的なVRシステムの構築が期待できます。例えば、ボブスレー等の滑走スポーツのトレーニング支援を目的とした仮想体感システム、安全運転支援のためのドライビングシミュレータなどの開発が予定されています。

### ● 動作解析実験室

人間の身体活動を3次元のかつリアルタイムに計測し、その動きを解析するための実験室です。主な装置は光学式のモーションキャプチャーシステムで、これは身体に球状の反射マーカを貼り付け、これを周りに配置された赤外線カメラで撮影し、その3次元位置を取得するものです。実験室には12台のカメラが設置され、およそ4m×4m×4mの範囲で3次元の動き計測が可能です。また、身体細部の計測だけではなく、同時に複数人物の動きを取得したり、フォースプレート（床反力計）や筋電計などからのデータを動作に同期させて取得することも可能です。各種トッパスリートの動作記録および運動解析、複数人物の動作解析や行動シミュレーション、身体運動のCGアニメーション化などに関する研究が予定されています。

### ● 神経情報実験室

神経情報実験室では、神経細胞レベルの活動を直接観測することで脳神経系の情報処理機構の解明を目的とした研究が行われます。実験室には、細胞外記録、細胞内記録およびパッチクランプ記録など、神経細胞の細胞膜内外の極微小な電位差を計測する基本的な各種計測装置が準備されます。同じく設置されている高倍率の微分干渉顕微鏡とこれらの計測機器を組み合わせることで、神経細胞内の情報表現やそれを処理する細胞機構に関する計測実験が可能です。特に、視覚系において「脳の出先器官」と呼ばれている網膜について光応答計測や単離細胞の膜特性計測から、視覚情報の符号化などその処理機能や、新仮説の実験的検証を行っていく予定です。

### ● メカトロニクス実験室

メカトロニクス実験室は、機械制御やロボット製作に関する教育・研究を行う実験室です。実験室には、工作台や各種工具が備わっており、回路設計、移動ロボットの製作・制御、機械系の計算機シミュレーションなどに関する学生実験がここを中心に行われます。また、実験室隣には講義室を設置しており、学んだ内容をすぐに実行に移せる環境を用意しています。その他に、パソコン接続が容易な小型人間型二足歩行ロボットHOAP-2を導入し、姿勢制御および動作生成に関する最先端の研究開発にも取り組んで行く予定です。

### ● 多次元計測実験室

多次元計測実験室では、リアルタイム3次元計測装置の開発を軸に、3次元動物体の運動解析を中心課題として教育・研究が行われます。すでに開発済みのリアルタイム3次元計測装置のひな形をベースに、この装置のさらなる改良に取り組むとともに、この装置によって取得される連続距離画像に基づき、動物体の運動解析、および、自律移動型ロボットビジョンの開発を目指します。さらに、このリアルタイム3次元計測装置を水平方向に3台、斜方向に3台配置して、3次元空間の6方向から人間の身体運動をリアルタイムで同時測定し、取得した連続全周囲距離画像に基づく身体運動解析装置を開発します。以上の目的のために、フルフレーム1024コマ/秒の高速カラービデオカメラ6台を導入する予定です。

### ● エコマテリアル実験室

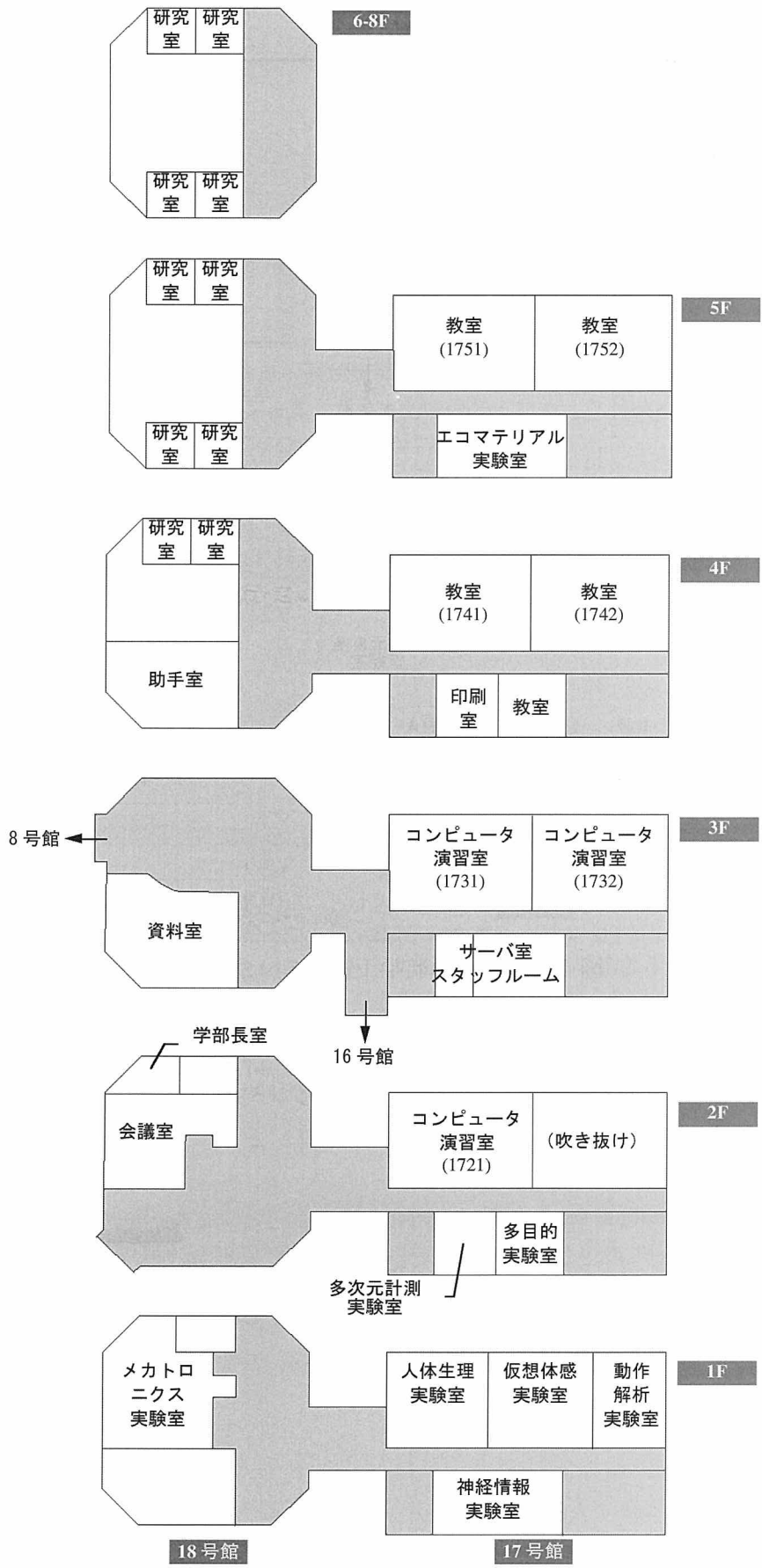
エコマテリアル実験室では、環境にやさしい（環境調和性）、人にやさしい（アメニティー性）材料を開発する事を目的に、生体材料や環境保全材料、環境低負荷型材料の研究が行われます。例えば、生体に同化するセラミックス、水や空気をきれいにする触媒や簡単にリサイクルできる材料など私たちが安心・安全に生活できる環境を実現する材料を作製し解析、評価を行います。そのための実験設備として、電子顕微鏡、粉末X線回折装置、比表面積測定装置、熱分析装置、高温電気炉、ゼータ電位測定装置、におい識別装置などの導入が予定されています。

### ● 講義室

生命システム工学部では、学生の勉学意欲の促進、PC管理能力の養成などを目的に、学生全員にノートPCをもたせ、それを活用したIT教育を推進する予定です。学生はコンピュータ系リテラシー科目やプログラミング、E-mailなどの他に、講義ノート、電子教材の閲覧（WebやPDF）、課題やレポートの作成などに利用します。そのため、電源および情報コンセントを机上に備えた教室を4部屋（103名教室×2、90名教室×2；ただし、この人数はPC対応席数で、各教室の収容人数はそれぞれ194名、177名）用意し、この学部で開講される多くの科目が、この教室を利用することになります。

### ● その他

会議室、資料室、応接ラウンジ、エレベータホールなどの人が集う場所に、有線・無線LAN用のアクセスポイントを設置し、教員・学生が手軽にインターネット接続できる環境を整備する予定です。



生命システム工学部棟レイアウト図

## ● 会議報告

### 第92回 情報科学部コロキウム

日時 : 2003年4月19日(土) 14:00~16:00  
会場 : 中京大学情報科学部 人工知能高等研究所 1階会議室  
講演題目 : SCCS IntraSiteの構築思想 - コミュニティがコミュニティであるために -  
講演者 : 田村浩一郎

中京大学情報科学部の公開コロキウムを下記の要領で行います。田村研究科長による「日本のIT: 将来ビジョンへ向けて」シリーズの2回目です。奮ってご参加ください。

### 第93回 情報科学部コロキウム

日時 : 2000年7月1日(火) 15:00~17:00  
会場 : 中京大学名古屋キャンパス山手ホール  
講演題目 : Lessons about literacy development from the study of language  
講演者 : Catherine E. Snow教授 (Harvard Graduate School of Education)

#### 講演内容

One of the most reliable predictors of literacy accomplishments, at least for English speakers, is language skill, both vocabulary and the achievement of extended discourse skills. Findings will be presented from a longitudinal study of low-income children, tracing the impact of mother-child interaction in the preschool period on children's language development, and ultimately their literacy outcomes as 12-14 year olds. Relationships between language predictors and literacy outcomes become stronger as the literacy challenges center themselves more in comprehension and less in word reading.



## ● 会議報告

### 第94回 情報科学部コロキウム

日時 : 2003年7月3日(木) 18:00~19:30  
会場 : 中京大学情報科学部 メディア科学科棟1F 多目的映像スタジオ  
講演題目 : 広告というコミュニケーション  
講演者 : 山口 誠志 氏 (株式会社SONAR コンサルタント取締役)

#### 講演内容

#### 1. 産業として広告を見る

広告は誰も日常的に接しているのに、特にそれを説明する必要もないが、広告産業の概略を説明する。とくに、産業の規模や傾向など、マクロトレンドに触れる。

#### 2. 広告って、ナニさ？

論者は、広告は広義にコミュニケーション活動のひとつのスタイルだと考えている。その親戚関係に芸術と通信があるが、それらとの際立った違いについて説明する。芸術や通信と広告は、同じ道具、同じ環境、同じ構造を持つが、にも関わらず似て非なる点を提示してみたい。

#### 3. 関係性のゲーム

広告の狙いは相対的な変化を引き起こすことにある。では、相対的变化とはなにか。実例を紹介しつつ、変化を惹起することの醍醐味を説明する。

#### 4. メディアの条件

広告も表現を伴い、情報として流通する以上、メディア抜きには成立しない。しかし、それならば広告にとってのメディアとはいかなるものか。広告がメディアに期待する性能を実例で紹介する。

### 第95回 情報科学部コロキウム

日時 : 2003年8月19日(火) 14:00~16:00  
会場 : 中京大学八事キャンパス 山手ホール  
講演題目 : Emotional Design: Why we love(or hate) everyday things  
講演者 : Donald A. Norman, Ph.D. NN/G Group代表 ノースウエスタン大教授

#### 講演内容

Norman氏は長年、道具は使う人のことを考えて使いやすくデザインすべき、と説いて、ユーザビリティ研究と道具のデザインの世界を先導してきました。その彼が、一步話を進めて、「ものを作るなら持っていて気分の良いもの、使って楽しくなるもの、いつまでも大事に使いたいと感じさせるものを作ろう」と呼びかけます。講演と同名のタイトルの英語の本が2004年1月に出版されました。日本語訳も3月から4月には出版される予定です。

## ● 会議報告

### 第96回 情報科学部コロキウム

日時 : 2003年9月4日(木) 14:00~16:00  
会場 : 中京大学情報科学部 人工知能高等研究所 1階会議室  
講演題目 : 「新しい計算理論を基礎としたプログラミングと情報の教育」  
講演者 : 赤間 清(北海道大学情報基盤センター教授)

#### 講演内容

今回のコロキウムでは北海道大学の赤間教授を招き、新しい計算理論とプログラミング言語、そしてその理論と言語を利用したプログラミング教育に関する講演が行われた。

講演者はプログラミングをアルゴリズムを作り出すフェーズとアルゴリズムを記述するフェーズから構成されるとし、計算機科学がこの前半のフェーズに関する十分な理論を構築していないことがプログラミング教育の困難さの原因となっていると指摘した。それを補うために講演者が構築してきた「等価変換」パラダイムに基づく新しい計算理論とプログラミング言語 ETI が紹介された。次にETIを使った大学1年へのプログラミング教育と情報工学科3年への専門教育が紹介された。この実践ではETIは学習対象の言語であるだけでなく、履修学生の学習環境であるeラーニングシステムの構築にも使用されている。この環境は教師が知識を教え込むのではなく、学生が問題意識を持って調べ、考え、質問することを妨げないように設計したとのことで、講演ではこのシステムの運用から得られたさまざまな経験が紹介された。

情報科学部ではプログラミング教育に力を入れており、今回の講演は参加者にとって大いに参考になったと思われる。

(情報科学部認知科学科 小笠原 秀美)

### 第97回 情報科学部コロキウム

日時 : 2003年10月23日(木) 18:00~20:00  
会場 : 中京大学情報科学部メディア科学科多目的スタジオ  
講演題目 : 「リアルタイムAVからソフトウェア・アートへ」  
講演者 : 久保田晃弘氏(多摩美術大学美術学部情報デザイン学科情報芸術コース教授)

#### 講演内容

今回は、多摩美術大学の久保田氏を招き、主に音と映像をリアルタイムで操るAVパフォーマンスの可能性を探るコロキウムとなった。

久保田氏は2003年夏に東京ICCで行われた「Sounding Space」展に出展するなど、幅広く活躍されているが、まず彼自身の考えるリアルタイムAV作品について講演があり、ついで実際のデモンストラクションも行われた。最後に、何かを表現するためのソフトウェアではなく、その存在と機能そのものがアートであるような「ソフトウェア・アート」の例についても言及された。

「コンピュータの内部では、あらゆる表現が数の下で等価である」——この考え方を出発点として、さまざまな表現を数値というデジタル情報の素材レベルにまで抽象することで、表現と形式を解体/再構築していく久保田氏の活動は、100名を超える参加者に刺激を与え、質疑応答も活発に行われた。

(情報科学部メディア科学科 非常勤講師 北村祐子)

## ● 会議報告

### 第98回 情報科学部コロキウム

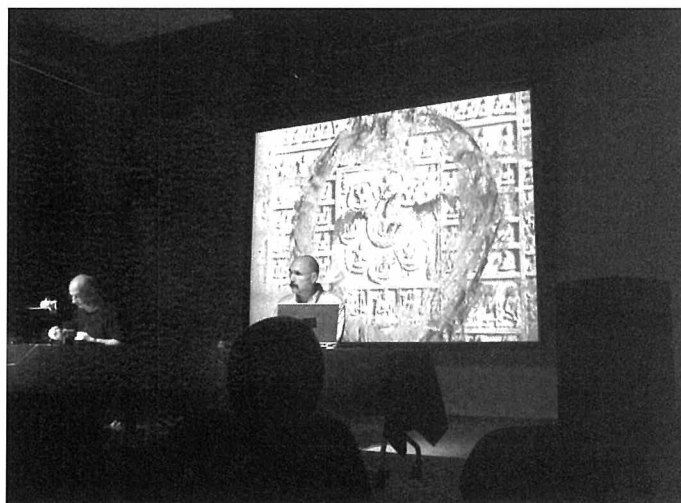
日時 : 2003年11月12日(水) 18:00~20:00  
会場 : 中京大学情報科学部メディア科学科多目的スタジオ  
講演題目 : 「Living Cinema——Portrait」  
講演者 : ボブ・オスタータグ (U.S.A.)、ピエール・エベール (カナダ)

本コロキウムは、世界的に活躍する電子音楽家と映像作家のリアルタイムパフォーマンス公演＋パネルディスカッションという異例のスタイルとなった。二人のプロジェクト「Living Cinema」は、その場で音とアニメーションを即興的に制作する。その過程がそのまま作品であるという非常にスリリングな内容で、カナダのヴィクトリアビルなど国際的なフェスティバルで大好評を博したパフォーマンスである。その最新作「Portrait」の世界初演が本学で行われたことは大変意義深い。

名古屋で「高野山と空海」展を見、大いに触発されたというエベール氏が、絵の具と仏像のイメージでアニメーションを作っていく。そこに音楽家オスタータグ氏が人の音声を使ったサウンドを即興で重ねていく。刺激的であると同時に深い哲学を感じさせるパフォーマンスは、学外からの参加者も含め約200名の観客を魅了した。

第二部は今回の企画者であるメディア科学科のカール・ストーン教授を司会に、ディスカッションが行われた。演奏の技術な側面も話題にのぼったが「技術よりも、アイデアが重要だ。技術に溺れてはいけない」とオスタータグ、エベール両氏が強調していたのが印象的であった。

(情報科学部メディア科学科 非常勤講師 北村祐子)



「左：ピエール・エベール、右：ボブ・オスタータグ」

## ● 会議報告

### 中京大学公開講座（ソフトサイエンスシリーズ第22回）

日時 : 2003年10月15日（水） 15:00～16:30  
会場 : 名古屋市科学館  
講演題目 : 「持続可能なモビリティ社会の実現に向けて」～先進的な自動車技術の現状と課題～  
講演者 : 渡邊浩之氏（トヨタ自動車株式会社 専務取締役）

#### 講演内容

恒例の中京大学・公開講座ソフトサイエンスシリーズ第22回が名古屋市科学館で開かれた。今回はトヨタ自動車の渡邊浩之専務をお迎えし、現在自動車が抱えているさまざまな課題の中から環境対応技術の動向について、自動車の歴史的視点、あるいは地球規模的な視点を踏まえながら具体的な事例をあげて分かりやすく未来のクルマ社会についてお話いただいた。

#### （講演の概要）

1900年には自動車の50%はスチーム、30%が電気、ガソリン車は残り20%に過ぎなかった。ガソリンの流通インフラは既に存在していたにも拘らず、普及しなかったのにはガソリン車にはクランキングやギアシフトなどの問題があったため、1910年頃にセルモータやシンクロメッシュが発明されることで逆転し他を駆逐した。ベンツが1886年に世界初のガソリン自動車を発明して以後、T型フォードが1913年に大量生産に入るまでには27年の時間を要したが、現在、自動車は環境・エネルギー問題に直面して、馬車から自動車へ転換した100年前と同じように画期的な技術革新と共に、市場に受け入れられるパラダイム転換を果たさねばならない時期に差し掛かっている。

ハイブリッド(HV)の燃費が良いのは定常走行時にはエンジンの最適効率で運転し、発進時のような高負荷時にはバッテリーからの電気で走行する。停車時にはモーターの発電で抵抗を作って電気エネルギーをバッテリーに蓄え、高負荷時に備えるという拡散の少ないエネルギー制御を行っているためである。その消費エネルギーはガソリン車の約半分、人間の歩行（分速60m）よりも優れており、自転車走行にほぼ近くなる。生物は食物を摂取し、呼吸で得た酸素でその食物を燃焼させて運動エネルギーを取り出し排泄物はCO<sub>2</sub>と水。余剰分は一部保存しておき必要な時に使うというシステムに似ており、ハイブリッドは生物に少し近づいたと言えるかもしれない。また、巷間ガソリン自動車の時代が終わって燃料電池車の時代が来る。その繋ぎがハイブリッドだと言う声があるがそれは間違いだ。今、大気環境の中でCO<sub>2</sub>問題を解決するためにはガソリンだけでなくディーゼル、CNG等色々な内燃機関やFC(燃料電池)とのハイブリット化が多様化し、共存する時代が来るだろう。その時、コア技術になるのはハイブリット技術なのである。

その燃料電池であるが、特徴は①エネルギー効率が良い（理論効率83%、内燃機関は40%位）②エミッションがクリーン（排気は水）③水素さえあれば良い（原油でなくても良い）ということから、日本のようなエネルギー資源の乏しい国ではエネルギーセキュリティの観点からも総合的なシナリオを作るべきであると思う。なぜなら、走行時のエネルギー効率に優れる燃料電池車もその燃料である水素を製造するための“well to wheel（油井から自動車まで）”の効率を考慮すると、必ずしも優れてはいないからである。さらに、自動車の製造から廃却までの“ライフサイクルアセスメント(LSA)”で見ても同様の結果であり、今後のグローバルな技術革新と市場が受容するパラダイム変換は近い将来、世界を震撼させるような変化を惹起させるかもしれない。燃料電池の技術が出来上がったら世の中が変わるのではなく、燃料電池を構成するエネルギーや材料などを含めた全ての物でCO<sub>2</sub>排出量を大きく引き下げる技術の実現が世の中を変えることになると思う。

（筆責 興膳生二郎 情報科学部）

● 会議案内

公開講座ソフトサイエンスシリーズ第23回開催のお知らせ

- 日時 : 2004年6月22日(火) 15:00～16:30  
会場 : 名古屋市科学館サイエンスホール(名古屋市中区栄2丁目17-1)  
地下鉄伏見駅5番出口南へ  
講師 : 橋爪 誠氏 (九州大学大学院医学研究院災害救急医学  
九州大学医学部附属病院先端医工学診療部 教授)  
主催 : 中京大学 人工知能高等研究所  
名古屋市科学館  
後援 : 中日新聞社

## ● 研究所員一覧

■ 名誉所員	戸田 正直	福村 晃夫	
■ 情報科学部			
情報科学科	廣木 守雄 荒木 和男 興水 大和 中山 晶 清水 優	川端 信男 飯田 三郎 嶋田 晋 伊藤 秀昭 廣瀬 誠	田村 浩一郎 秦野 甯世 ラシキア 城治 鈴木 常彦 藤原 孝幸
認知科学科	木村 泉 三宅 なほみ 小笠原 秀美 益川 弘如	棚橋 純一 白井 英俊 土屋 孝文	三宅 芳雄 高橋 和弘 白水 始
メディア科学科	鳥脇 純一郎 興膳 生二郎 宮田 義郎 大泉 和文 山田 雅之 瀧 剛志 A.S.ヌグロホ	幸村 真佐男 長谷川 純一 諏訪 正樹 磯 直行 遠藤 守 曾我部 哲也	伊藤 誠 カール・ストーン 宮崎 慎也 上芝 智裕 平名 計在 林 桃子
■ 情報科学研究科	野田 耕平		
通信教育課程			
■ 体育学部	猪俣 公宏	北川 薫	
■ 岐阜大学	加藤 邦人		
■ 愛知淑徳大学	川澄 未来子		
■ 香川大学	林 純一郎		
■ デンソー	赤堀 一郎 一ツ松 孝文 立石 雅彦	加藤 利文 坂井 誠 名木山 景	横井 邦雄 高橋 輝 神谷 玲朗
■ 三洋電機	石川 猶也	藤村 恒太	
■ 大宏電機	渡辺 隆	高木 和則	
■ SKEN	鈴木 健志		
■ CREST	落合 弘之 田中 真一	鈴木 晋吾 青木 淳	井上 靖幸 浅岡 浩子
■ ソフトピアジャパン	富永 将史		
■ 共立工業	田畑 裕康		
■ 研究員	日野 泰志	近藤 秀樹	
■ 準研究員	稲葉 洋 宮阪 健夫 荒井 崇志	渡辺 恵人 大橋 敦 舟橋 琢磨	荻野 雅敏 篠田 将宏 湯浅 且敏

## ● 歴代所長

初代 戸田 正直 (1991.4.1～1998.3.31)  
2代 田村 浩一郎 (1998.4.1～現在)

〈編集後記〉

IASAI News 13号をお届けします。編者の怠慢で発刊が遅れましたことをお詫びいたします。

巻頭言は福村先生にお願いしました。絶妙な言い回しと独特のリズムで書かれたこの巻頭言からは、メディア科学科に、そして、生命システム工学部にかける先生の熱き想いが伝わってきます。

いよいよその生命システム工学部（以下、新学部）がこの4月に誕生します。そこで、本誌でも「生命システム工学」特集シリーズを企画しました。学部を構成する3つの系（人間行動システム、生命機械システム、生命情報システム）ごとにそれぞれ特集を組み、執筆は、新学部の教員とその関係者の方々にお願いすることにします。

今回はその第1回目として、生命情報システム系から「仮想化人体とナビゲーション診断」を特集しました。鳥脇先生には、この分野の動向と将来展望を広い視野からまとめていただきました。名古屋大学の目加田先生と本学院生の渡辺恵人君には、いずれもこの1年以内に国際会議や論文誌に発表された(される)ホットな研究成果をご紹介いただきました。ご執筆頂いた皆様に感謝いたします。

施設紹介のコーナーでは、三宅なほみ、輿水両先生に本年度HRCで導入した実験設備を、瀧先生に上記新学部の実験施設をご紹介をいただきました。これらの新設備からまた新しい研究成果がたくさん生まれることを期待します。

次回の特集は、人間行動システム系または生命機械システム系の先生方をお願いする予定です。どうぞご期待ください。

(編集委員兼ゲストエディタ 長谷川純一)

★★★ 人工知能高等研究所のWWWページのご案内 ★★★

アドレス <http://www.cgilab.sccs.chukyo-u.ac.jp/IASAI/index.html>

☆☆☆ 中京大学のWWWページのご案内 ☆☆☆

アドレス <http://www.chukyo-u.ac.jp/>

---

IASAI NEWS 第13号 2004年2月20日発行

---

- 発行・編集 中京大学 情報科学部 人工知能高等研究所  
〒470-0393 愛知県豊田市市津町床立101 ☎(0565)46-1211 (代表)
- 印刷 ニッコアイエム株式会社  
〒460-0024 名古屋市中区正木1-13-19

---

本誌記事の無断転載を禁じます。

© 2004 中京大学 人工知能高等研究所