

## 医療とコンピュータ － 医用画像を中心に －

情報学研究科 システム科学専攻 システム情報論講座 医用工学分野  
中尾 恵、松田 哲也

### 1. 医療におけるコンピュータ

近年におけるコンピュータの処理能力の向上や通信・ネットワーク技術の進歩により、スマートフォンや様々な家電製品のようにコンピュータの関わりが容易に想像できるものだけでなく、金融、小売業、飲食店、運輸、サービス業など、社会における幅広い領域で情報技術（IT）は不可欠なものとなっています。医学・医療の分野も例にもれず、学術的な研究領域のみならず一般臨床の場にも IT 化の波が押し寄せています。病院の診察室で医師が紙のカルテではなくコンピュータに診療内容を記入している様子を見たことがあるかもしれません。これは電子カルテといて、複数の医師がいる病院では、他の医師が行った診療内容を共有するために既に必須のものとなっており、最近では開業医でも広く普及しています。このような電子カルテは診療内容の記録だけではなく、医療費の計算の自動化にも役立っていますし、薬剤師への処方箋データの自動送付、看護師や他の医療スタッフへの指示、注意事項の伝達など、様々な情報のやりとりが行われます。大きな病院では多くの検査装置や診断装置あるいは治療支援システムなどにコンピュータが利用されており、現代の医療はコンピュータ無しには成立しないと言っても過言ではありません。このようなコンピュータの医療への関わりの中でも、医用画像はコンピュータが最も活躍している領域で、コンピュータが社会に広く普及する以前から利用されてきました。

様々な疾病の診断に用いられる画像を医用画像と呼びますが、X線画像は最も普及している医用画像で、みなさんも学校の検診時などに撮影された経験があると思います。他にも超音波を用いて人体の内部を観察する超音波断層像、放射線同位元素を含む製剤を注射し同位元素が放出する放射線を検出器で捉えて画像化する核医学画像、脳の電気活動を磁力の変化として捉える脳磁図、強力な磁場の中で磁場と人体の水や脂肪に含まれる水素原子核との相互作用を利用したMRI（Magnetic Resonance Imaging）など、病院では様々な医用画像が用いられており、これらの撮影装置を画像診断装置と呼びますが、これらはすべてコンピュータによって画像化されています。健診で撮影するようなレントゲン写真についても、レントゲンフィルムに匹敵するほどの高精細の画像デジタル化技術が実現し、フィルムを用いない放射線科診療が一般的になっており、高速の院内ネットワークを整備した近代的な医療施設では、様々な画像診断装置で撮影したデジタル画像データを直ちに診察室で観察できるようになっています。

このような様々な画像診断装置の中でも X線コンピュータ断層撮影（X線CT, CT: computerized tomography または computed tomography）はコンピュータが活躍する画像診断装置の代表と言えます。X線CTは、対になったX線照射管と検出器が人体を取り囲むように一回転することにより人体を透過するX線の強弱を様々な方向から観測し（図1）、得られた各データを放射線の照射方向に基づいてコンピュータで再構成計算して断層像（断面図）として画像化する方法で、1972年に英国EMI社の技術者であるハンスフィールド氏が開発し、1979年にノーベル医学生理学賞の対象となりました。従来のX線画像は投影像であり、X線が照射された奥行き方向の情報は検出できないため人体内部の様子を立体的に捉えることはできませんでしたが、X線CTは人体内部の3次元構造を画像化できるため、画像

診断の進め方を大きく変える画期的な装置でした。そして、製品化されると急速に普及し、今やその稼働台数は国内だけでも1万台を超えています。最近ではさらに進歩を遂げ、平面的な断層像のみならず3次元の画像を撮影できる装置も臨床的に用いられるようになってきました。

コンピュータは医用画像を生成する際に利用されるだけではなく、得られた医用画像に対して様々な処理や解析を行い、診断に役立つ情報を抽出して提示する画像処理にも利用されています。次節では、日常診療の幅広い領域で利用されているコンピュータの中でも特に関わりの深い医用画像処理の現状を紹介します。

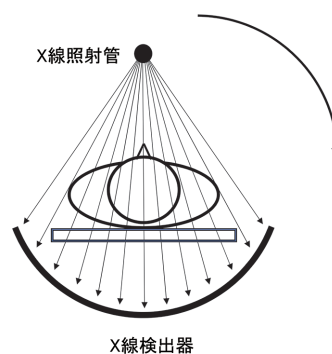


図1：X線CTの撮像原理

## 2. 医用画像処理の現状

様々な画像診断装置で撮影された医用画像から疾病や傷害の診断につながる情報を導き出す画像処理技術は、情報技術の中でも代表的な研究領域のひとつであり、画像をデジタル信号の行列として取り扱うことによって、様々な処理や解析を実現しています。最先端の画像診断装置では、人体全体を1 mm以下の細かさで3次元画像として撮影することも可能となっています。仮に1 mmの細かさの3次元デジタル画像を考えると、約2 mの身長の人であれば、1 mm毎の輪切りの断層画像として2000枚の画像から構成される膨大な量の3次元データとなります。X線CTのように短時間で撮影が可能な画像診断装置では、10-20分程度で2000枚もの断層像が取得できますが、画像を詳細に観察して異常の有無を判断しなければならない放射線科医にとっては、このように膨大な数の画像は大きな負担となります。そこで、様々な画像処理技術が活躍します。

コンピュータハードウェアの進歩によって、このように大きなデジタル画像データを取り扱うことも容易となり、膨大な数の断面像を積み重ねて3次元画像データとして取り扱うことにより、放射線科医が診断に用いるコンピュータ端末では輪切りの断面だけではなく任意の方向の断面として表示したり、各臓器を立体的に表示するなど、人体内部の様子を容易に観察できるよう様々な方法で表示されます。また、情報科学の研究者が蓄積してきた膨大なデジタル画像処理技術を活用することによって、各種臓器や骨あるいは血管などを自動抽出して(図2)、必要な臓器・組織のみを表示することも可能となっています。ほかにも、腫瘍の境界を自動的に判別してその体積を算出し抗がん剤による治療効果の判定に利用したり、心臓のように運動する臓器では拡張期と収縮期の内容積を自動検出し、心臓から拍出される血液量を算出して機能評価に利用されています。

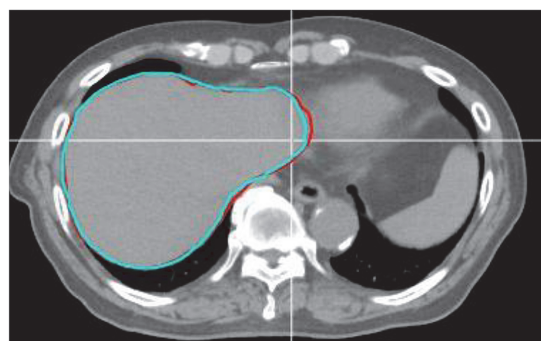


図2：CT画像における肝臓領域の検出  
赤：医師が指定した輪郭、青：自動抽出された輪郭

さらに最近では人工知能(AI: Artificial Intelligence)の技術も画像解析に利用されるようになっており、様々な疾病について、これまでに蓄積されてきた膨大な画像データを参照して病変部の特徴を抽出し、画像上で異常が疑われる部分を自動的に候補領域として医師に提示する診断支援システムも活発な研究対象となっています。このようなシステムでは、過去に診断が確定している類似病変を参照例とし

て提示したり、画像に現れた異常を引き起こし得る候補病名を順位付けしてリストアップしたり、さらに自動推定の確かさやその根拠を示すなど、診断が容易となるような様々な工夫が提案されており、医用画像の自動診断も夢ではなくなりつつあります。

### 3. 3次元医用画像の応用

人体の3次元画像は疾病の診断に加えて、病変部に対する治療の目的においても様々に利用されています。例えば、がん病変部位の切除を目的とした外科手術や、放射線のがん細胞に対して局所的に照射することによって、切らずに治す治療として知られる放射線治療においても、コンピュータによる医用画像の処理は必要不可欠となっています。

臓器個別の3次元形状や動き、変形などの幾何学的あるいは力学的な情報はベクトルデータとしてコンピュータ内で扱われます。個人差が大きい臓器の形や動きに関する情報をコンピュータ内で正確に扱うために、臓器や血管、病変部位などの3次元構造を記述した形状モデル(図3)が3次元画像から自動生成され、利用される機会が増えています。例えば、放射線治療において、動画のように時系列的に撮像されたCT画像からがん病変とその周辺の正常な臓器の位置や呼吸に伴う動きの情報を抽出し、正常な臓器を避けてがん病変のみに効率的に放射線を照射できるような計画を自動算出する方法や、治療当日の姿勢や呼吸の状態に基づいて治療内容をカスタマイズすることによって、治療効果の向上を目指す研究が行われています。

外科手術では、病変部位をできるだけ正確かつ迅速に切除することが望まれます。しかし、多くの病変部位は臓器内部に位置し、外科医は手術開始時には目視することができません。個人差が大きい臓器内部の血管構造を頭の中だけでイメージして必要な部分だけを正確に切除することは熟練した外科医であっても難しく、時間を要する場合があります。このような外科手術における課題に対して、個人の医用画像から切除対象の腫瘍や血管構造を表現した3次元臓器モデルを手術前に作り出し、臓器

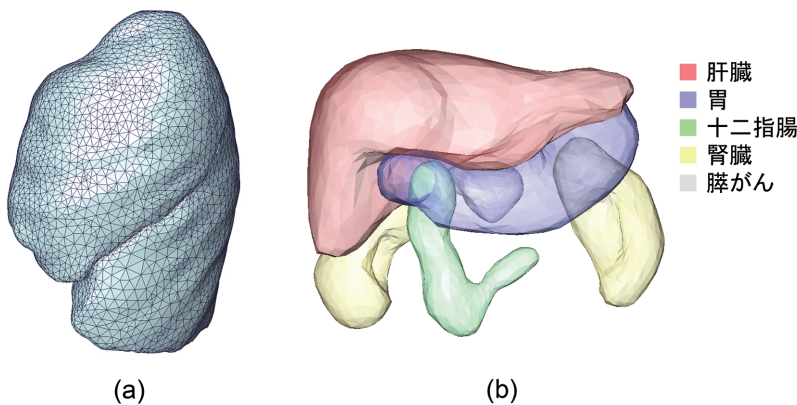


図3：臓器の3次元形状モデル  
(a) 肺の上葉と下葉のメッシュモデル、(b) 腹部臓器の形状モデル

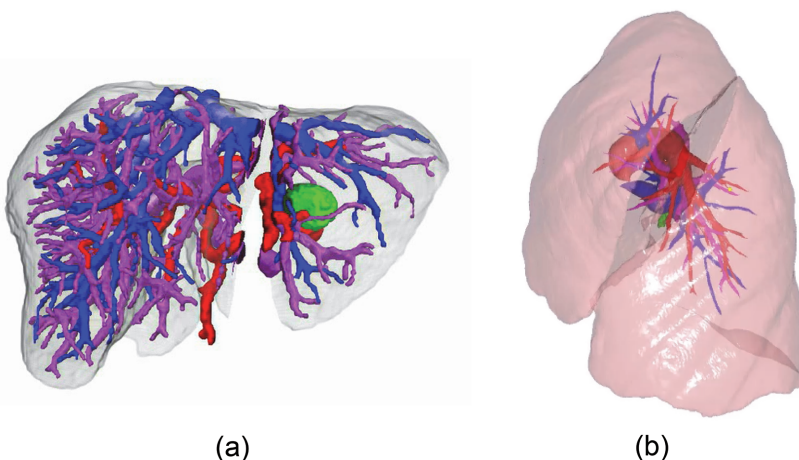


図4：がん病変に対する臓器切除シミュレーション (緑：がん病変)  
(a) 肝切除術、(b) 肺切除術

に対する手術操作や切除をシミュレートすることによって、病変部位に対する手術の流れを事前に計画できるシステムが開発されています（図4）。また、手術室内でモニターに3次元臓器モデルを表示して病変部位との位置関係を確認しながら手術を進める手術ナビゲーションもまだ適用可能な手術は限られているものの実利用がなされ始めています。

3次元医用画像の計測技術とコンピュータによる画像処理や数理モデル化の技術は世界的にも日進月歩で研究が進められています。医用画像に基づいて診断や治療を支援する医用システムのさらなる深化によって、患者への負担が少ない高品質な医療がより多くの医療機関で提供されることが期待されます。

#### 4. むすび

医療の場で利用されているコンピュータや情報技術について、医用画像を中心に実例を挙げながら簡単に紹介しました。私たちの研究室でも、より高度な医療を目指して、様々な医用画像に対する画像処理や画像提示法の開発を行っています。医師に対して、様々な疾病の診断が容易となるよう画像を自動解析したり、コンピュータ上で画像をバーチャルに取り回し病変部を切除する過程について試行錯誤できるような環境を提供するなど、高度な医療を安全に、正確に、容易に行うための様々な方法を提案しています。また、これらの技術は、医師だけでなく患者さんにとっても自分の病状の理解を助けることに繋がると期待されます。近い将来の新しい医療の一端を担う技術として、現在進めている研究が少しでも役に立つことを願っています。