

## R-GIROの活動報告

Project Theme 多次元医用データの統計モデリングと診断補助支援 (CAD) システムの開発

## 個別患者の臓器・手術過程を3次元可視化する世界初のシステム

## 関西医科大学の臨床医と共同で、医療現場で役立つ3次元画像診断、手術支援システムを開発しています。

私たちのプロジェクトでは、関西医科大学との共同研究により、医療現場で診断・治療を支援する3次元画像診断システムと手術支援システムを開発しています。

コンピュータグラフィック技術の進歩によって、臓器の3次元モデルの可視化構築はすでに可能になっていますが、現実の診断・治療に生かすには、こうしたモデル可視化のみでは不十分です。なぜなら人の臓器には個人差があり、モデルと現実が乖離している場合が少なくないからです。とりわけ私たちが開発対象としている肝臓は、大きさ、形状が人によって大きく異なる上に臓器内部に複雑に張り巡らされた血管の分布は千差万別です。さらに、病気の場合は病変の大きさや特性、形状なども異なるため、安全で確実な治療や手術に貢献できるようなシステムを実現するには、患者個別の状態を把握する必要があります。ところが個別の臓器情報を3次元化するには非常に多次元のボリュームデータを扱わなければならない、これまで現実性のあるシステムを構築した例はありませんでした。それを可能にしたのが、私たちのプロジェクトです。

本プロジェクトの大きな特長は、関西医科大学の海堀昌樹講師を中心とした臨床医チームと提携し、日々患者を相手に治療や手術にあたっておられる臨床医のニーズを開発に取り入れている点です。これによって、

実際の医療現場で役立つ、より現実性、利便性の高いシステムの構築が可能になります。

## 患者個別の肝臓、および血管分布の3次元可視化と切離シミュレーションシステムの構築に成功しました。

私たちが開発した手術支援システムが従来の手術シミュレーションと大きく異なる点は、特定患者のCT画像から肝臓情報を3次元可視化しただけでなく、得られた肝臓情報を用いて手術切除過程をインタラクティブに再現するまでのプロセスを一貫して行うところです。まず私たちは、関西医科大学から提供されたCT画像をもとに、肝臓の3次元可視化を実現しました。本研究室で独自に開発した、低コントラストCT画像から高精度の画像を分割できる手法によって肝臓実質を取り出し、さらに対象物の線や円形の形状を強調させることのできる「Multi-scale フィルタ<sup>\*1</sup>」という手法を用いて、動脈、静脈、門脈といった主要血管を抽出し、3次元で融合させました。これによって患者それぞれの肝臓の形状、さらには複雑に入り組んだ各血管の構造を確かめられるようになったわけです。

次に、実際の手術支援を可能にする肝切除シミュレーションシステムの構築にも成功しました。モデルを用いた手術シミュレータはすでに存在していますが、それらは医師のトレーニング用に開発されたものであり、特定の患者には対応していないため、実際の手術計画やシミュレーシ

ンには活用できません。私たちは、先に述べた特定患者の肝臓の3次元画像を用いて、切離過程のシミュレーションが可能なシステムの構築を試みました。当初構築した切離シミュレーションシステム[参考文献2、3]には、主に可視化を目的としたオープンソースプログラム(VTK<sup>\*2</sup>)を用いたため、切離に伴う画像の変形や再表示といった計算量の多い処理に時間がかかり過ぎるという課題が残りました。臨床医から提示された要望は、①「よりリアリティのある精密な画像」で表現すること、②特別大きな容量を持たない一般的なパソコンでも「スムーズに作動する高速システム」を構築すること、さらに③「実際の手術と同様のインタラクティブな操作」を可能にするための3点です。

そこで私たちは、VTKに代わって大規模な計算を並列処理によって高速で実現できるGPU<sup>\*3</sup>を採用し、切離シミュレーションに特化したプログラムを新たに開発しました。これにより、ボリュームデータの変形部分だけを高速で再計算するとともに、並列処理によって再表示の高速化も可能になりました。また平滑化を施すことでよりスムーズなラインも実現しました。こうして、切除操作をリアルタイムでしかも奥行きなどを感じながら高精細で確認できるようになりました。

さらに、臨床医の提案を受けて工夫したのが、これらの画像を4つの画面構成で表示できるようにした点です。メイン画面には、実際の臓器と同じ不透明な肝臓と、臓器内の血管や病変が可視化された透明な肝臓を表示し、サブ画面にはメイン画面とは異なる視点から透視した2つの

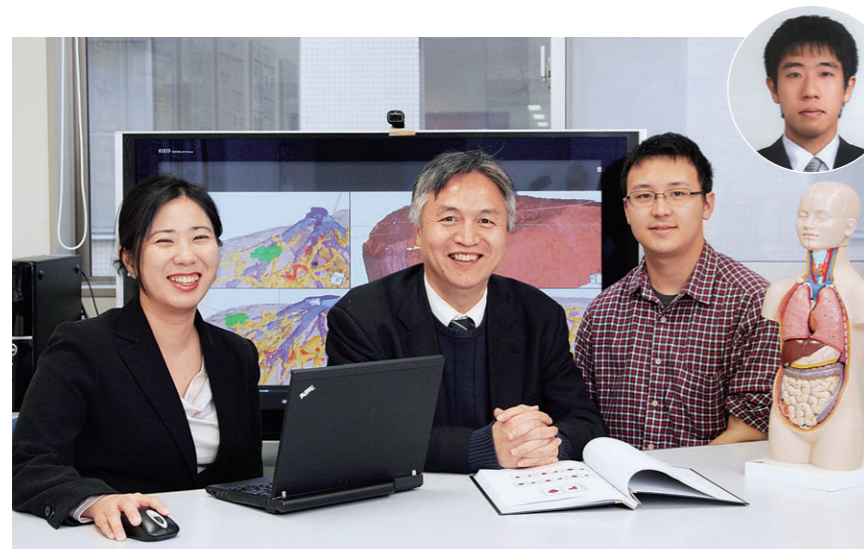
画像を表示しました。これにより、不透明画像と透明画像を見比べて手術の実感を疑似体験したり、脈管分布を確認しながら切離場所や領域を検討したりすることが可能になりました。

## 「切離」に加えて「触る」「広げる」操作を追加し世界初の手術支援システムの実用化を目指します。

構築した肝切除シミュレーションシステムは、臨床医によって検証され、その結果、肝臓実質や血管情報が適切に3次元可視化されたこと、また十分な速度でのインタラクティブな操作も可能であることが確かめられました。当初の要望は達成されたことから、現時点でも臨床の場で用いることが可能との評価を得ました。

一方で、今後に向けて新たな要望・課題も提供されました。一つには、切離するだけでなく、切離面をめくったり、広げたりして術野を確保する操作も再現してほしいというものです。また接触感覚を求める声も寄せられました。今後はこうした要望に応え、切離に加えて「触る」「広げる」といった術中の動作をよりリアルに再現するシステムへとブラッシュアップしていく予定です。

このような特定患者の手術シミュレーションの構築は、現在世界でも成功例がありません。近い将来、世界の医療現場で、治療・手術の精度を飛躍的に高める画期的な成果となることでしょう。

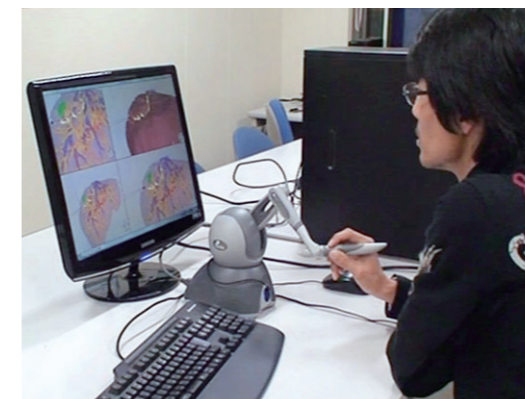


(写真右上)  
情報理工学研究所 博士課程前期課程2回生  
進藤 典

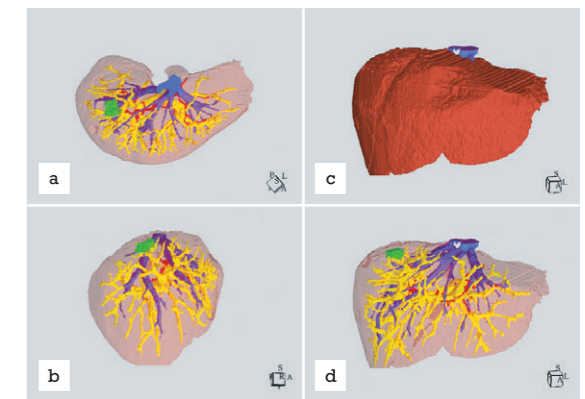
(写真右)  
情報理工学研究所 博士課程前期課程1回生  
宮脇 康介

(写真左)  
情報理工学部 助手  
健山 智子

(写真中)  
情報理工学部 教授  
陳 延偉  
Chen Yen Wei



関西医科大学の臨床医が操作性を検証、要望を提案



医師の提案により4画面構成が実現

(\*1) Multi-scale フィルタ … ボリュームデータに対して3次元ガウシアンフィルタを適用し、雑音除去を行うと同時に2次微分によって線状構造を強調するフィルタ。(参考文献1)

(\*2) VTK … Visualization Toolkit. OpenGLベース可視化専用のC++言語ライブラリ。Kitware, Inc. 開発

(\*3) GPU … Graphics Processing Unit. 計算機やワークステーションなどにおいて、画像データ処理を行う集積回路。ゲームやコンピュータビジョン、グラフィックなどに採用されている。

●参考文献 / 1 A. F. Frangi, W. J. Niessen, K. L. Vincken, and M. A. Viergever. "Multiscale vessel enhancement filtering," Proc. 1st MICCAI, pp. 130-137, 1998. 2 "肝臓分割と血管抽出による肝臓情報の3次元可視化と手術支援システム," 信学技報, Vol.110, No.381, Vol. 110, pp.33-38, 2011-1 3 "手術支援システム及びコンピュータプログラム"特許出願:特願2011-090287 (2011年4月).

●連絡先 / 立命館大学びわこ・くさつキャンパス (BKC) 陳研究室 電話: (外線) 077-561-3003 HP: <http://www.iipi.is.ritsumei.ac.jp/>