

インタラクティブな3次元コンピュータグラフィクスを用いた 肝臓病に関する患者説明ツールの開発

島村 朋房^{1,2} 原口 亮³ 中沢 一雄^{1,3} 五十嵐 健夫^{1,2} 村下 賢⁴

¹JST ERATO 〒112-0002 東京都文京区小石川 1-28-1

²東京大学 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

³国立循環器病センター 〒565-8565 大阪府吹田市藤白台 5-7-1

⁴アロカ株式会社 〒198-8577 青梅市今井 3-7-19

E-mail: takeo@acm.org nakazawa@ri.ncvc.go.jp mura1495@am.aloka.co.jp

あらまし インタラクティブな3次元コンピュータグラフィクスを用いた肝臓病に関する患者説明ツールについて紹介する。現在、肝臓病に関する、患者に対しての病状および治療方針の説明には、主に2次元の図が使われている。しかし、これらの方法では、3次元的な概要を捕らえることが困難である。本システムでは、肝臓の3次元的な形状がディスプレイ上に表示されるので、それを自由な角度から閲覧することで3次元的な形状把握が可能となる。さらに、簡単なジェスチャーインタフェースで、自由な場所に病変を記入したり病変の切除を行ったりすることができる。さらに任意の場所に薬剤の注射する様子を3次元的に見せることも可能となっている。このシステムを利用することにより、インフォームドコンセントにおける患者説明をより充実させることが期待できる。

キーワード インフォームドコンセント、肝臓病、3次元グラフィクス

Interactive 3D Computer Graphics for Explaining Liver Disease To Patients

Tomofusa Shimamura^{1,2} Ryo Haraguchi³ Kazuo Nakazawa^{1,3} Takeo Igarashi^{1,2} Ken Murashita⁴

¹JST ERATO 1-28-1 Koishikawa, Bunkyo-ku, Tokyo

²The University of Tokyo 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo

³National Cardiovascular Center 5-7-1 Fujishirodai, Suita-shi, Osaka

⁴Aloka Co Ltd. 3-7-9 Imai, Oume-shi, Tokyo

E-mail: takeo@acm.org nakazawa@ri.ncvc.go.jp mura1495@am.aloka.co.jp

Abstract This paper introduces a tool using interactive 3D computer graphics for explaining liver disease to patients. Medical doctors currently use 2D illustrations to describe the condition and treatment of a liver disease, but it is difficult to communicate 3D information in 2D format. This system shows the geometry of a liver as a 3D model and allows the user to browse it from arbitrary view point. In addition, the doctor can add tumors and remove them using simple gestural interface. It is also possible to show the process of drug injection as an animation. This system is expected to improve the quality of informed consent in liver disease treatment.

Keyword Informed Consent, Liver Disease, 3D Computer Graphics

1. はじめに

近年、医療機関における診断・治療において、インフォームドコンセントを得ることが不可欠になっている。インフォームドコンセントとは、患者の自己決定権を尊重

するために、医師が患者または患者の家族に対して疾患の内容や治療・処置などを説明した上、十分な納得のもとに得る同意のことである。しかし、一般に患者側の医学知識は不十分なため、医師の説明が言葉や

簡単な図式のみによる場合では、理解できないケースも少なからず見られ、必ずしも納得した上での同意が得られているとは限らない。近年、電子カルテシステムをはじめとする医療現場での情報化が進んでおり、医療の効率化や医療の質を高めるものとして、情報技術の応用に対する必要性も高まっている。そこで、インフォームドコンセントの場面においても、情報技術を応用するための研究が行われるようになってきた。

肝臓病に関しても、患者への病状および治療方針の説明には、主に2次元の図が使われていることが多く、肝臓の3次元的な構造把握には困難である。一方、専門家の間で使われている肝臓解剖の教材には、XVL (eXtensive Virtual world description Language)形式の3次元モデルや動画等がある。しかしながら、これらのツールは患者説明に使われる用途として作成されたものではないため、インフォームドコンセントに利用するには適していない。

そこで本稿では、インタラクティブな3次元コンピュータグラフィックスを用いた肝臓病に関する患者説明ツールについて紹介する。本システムでは、肝臓の3次元的な形状がディスプレイ上に表示されるので、それを自由な角度から閲覧することで3次元的な形状把握が可能となる。さらに、簡単なジェスチャーインタフェースで、自由な場所に病変を記入したり病変の切除を行ったりすることができる。さらに任意の場所に薬剤の注射する様子を3次元的に見せることも可能となっている。このシステムを利用することにより、インフォームドコンセントにおける患者説明をより充実させることが期待できる。

2. 関連研究

複雑な立体構造をもっている人体について、3次元形状を導入することで、構造把握が促進できることが報告されている[1]。医療や医学の分野では、CTやMRIといった診断画像を3Dデータに変換し、可視化することで、診療や診断に役立てられている。また、そのような診断画像、解剖結果などにより得られたデータをもとにして人体の

詳細な3次元形状を再構築する Visible Human Project の成果[2]が、生体シミュレーションなどで広く用いられている。さらに、外科手術の計画や訓練などに使用される手術シミュレータでは、詳細な3次元形状の表示や触覚提示といったマルチモーダルなシステムを構築することにより、実際の手術に近い環境でのシミュレーションが可能となっている[3][4]。

一方、電子カルテに組み込んで複雑な構造をもつ先天性心疾患を説明することを目的としたシェーマシステム[5]や、難解な Senning 手術の解説を目的に3次元モデルを構築した事例[6]などがある。さらに、CGを作成しインフォームドコンセントのために利用する試みもなされており、心臓の電気現象を中心に不整脈のメカニズムを説明する事例[7]や、WEB環境を利用し高度な専門性を有するリソースの提供と共有を可能にして食道ガンの内視鏡的手術の概要を説明するCGを効率的に作成した事例[8]などがある。しかし、いずれも基本的には用意した2次元画像を表示したり、3次元アニメーションを再生するもので、ユーザが主体的に情報を書き加えたり編集を行ったりするようにはなっていない。形状を編集するものとしては、心臓カテーテル検査における冠動脈ジオメトリーを編集可能にしたシステムの報告[9]もあるが、あくまでも2次元表現であり、3次元形状を扱ったものではない。

3次元モデルを簡単なジェスチャーで作成したり変形したりする手法は主にコンピュータグラフィックスの分野で研究されてきている[10][11]。本研究は、これらの既存研究において提案されてきた手法を拡張し、肝臓の疾患および治療という具体的な対象に特化したシステムとして実現したものである。

3. システムの概要

3.1. 導入 全身の表示から肝臓へ

プログラムを起動すると、まず画面に人体の全体図が表示される。画面をクリックすることで人体図のわき腹にアニメーションしながらズームしていき、肝臓のモデルが表示される。こ

のようなアニメーションを見ることにより、患者は肝臓が人体のどのあたりに位置する臓器なのかを把握することができる。

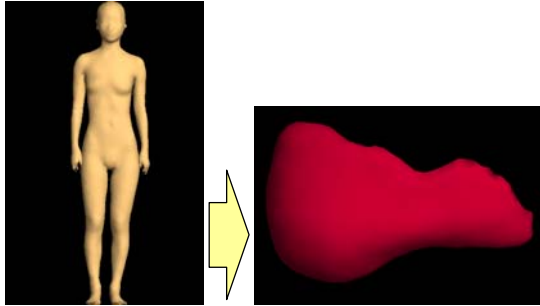


図1 人体の表示から肝臓へのズームイン

表示されている肝臓のモデルの見え方を調整するためには、右クリックのドラッグを用いる。肝臓のモデルの上からドラッグを開始した場合はモデルの回転、肝臓のモデル以外の部分からドラッグを開始した場合はモデルの平行移動、ウィンドウの右下部からドラッグを開始した場合はモデルの拡大縮小、といった操作が可能である。肝臓をさまざまな角度から眺めることにより、3次元的な形状の把握が可能となる。

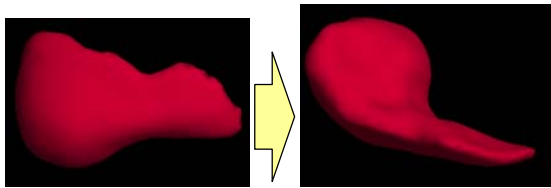


図2 肝臓モデルの回転

3.2. 腫瘍の記入 自由形状 テクスチャ選択

肝臓を見えやすいように回転・移動させた後、肝臓のモデルの上でマウスの左ボタンをドラッグし、はみ出さないような円を描くと、その軌跡を輪郭とする腫瘍を肝臓モデルの表面に作ることができる。円でなくとも、ループしている図形であるならば何でもよい。

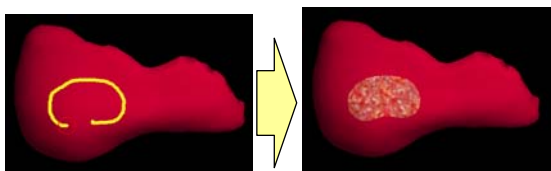


図3 腫瘍の記入

書き込んだ腫瘍のテクスチャは、肝臓モデル

の上を右クリックすることにより3種類に切り替えることができる。

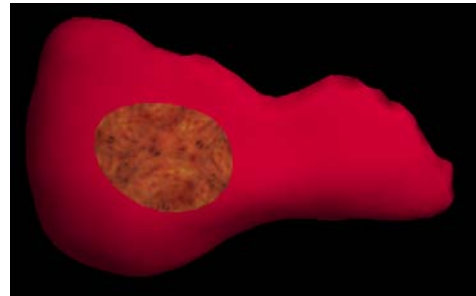


図4 腫瘍のテクスチャの変更

3.3. 腫瘍の切除 自由形状

左ボタンのドラッグにて肝臓のモデルを横切るような線を引くと、その線にそって切断ラインが表示される。この状態で二分された肝臓のどちらかの部分をクリックすると、クリックされた側の部分が切除される。切除された切り口には新しい面が張られるが、この面にも腫瘍を書き込んだり新たな切り口を生成したりといった操作が可能である。

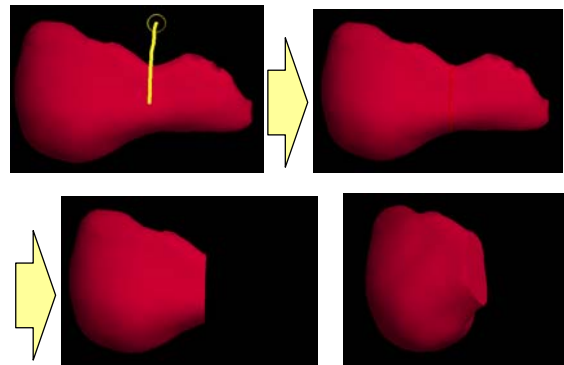


図5 病変部の切除

インタラクティブに切除の様子を見ることによって、実際に手術によって切除を行った場合にどのような結果になるのかをよく理解することができる。

3.4. 注射 アニメーション

切断ラインが表示されていない状態で、肝臓モデルの上を左クリック（ドラッグしない）すると、画面の外から注射針がやってきて刺さるアニメーションが表示される。クリックした位置に針がささり、薬剤が浸透していく様子がアニメーション表示される。

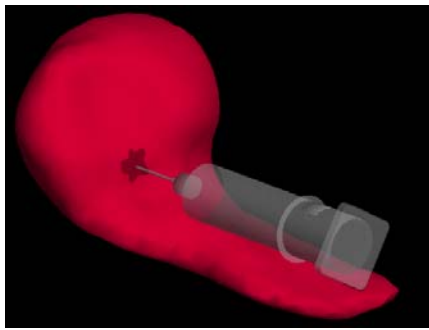


図6 注射のアニメーション

4. 実装

4.1. プラットフォーム

システムは Java を用いて記述されているが、表示部分には DirectX を用いた C++ のコードを JNI で呼び出しているため、現在は Windows マシン上でのみ動作する。空間中の 3 次元のオブジェクトの配置に関しては、Java3D のシーングラフに似たシーングラフ構造を利用している。

4.2. 3D 形状の表現

3 次元形状は通常の 3 角形ポリゴンモデルとして表現されている。腫瘍の記入や切除などの複雑なポリゴンの編集処理を高速に行うため、すべての頂点と辺および面の接続関係を密に表現したデータ構造を利用している。

4.3. 腫瘍の記入

2D の画面にマウスで線を描くと、それがそのまま 3 次元オブジェクト表面に投影され [9]、その内部の領域に対応する新たなサーフェスが作成される。作成されたサーフェス部分に適切なテクスチャを貼り付け、ベースとなる肝臓モデルの表面から少し浮かせた位置に移動することで腫瘍を表現している。テクスチャを貼り付ける際のテクスチャ座標を計算するために、3 次元的主要部分のサーフェスをなるべく形状を保ちつつ 2 次元にマッピングする平面化 (flattening) 計算を行っている [11]。

4.4. 切除

画面に描かれた 2 次元の切断ストロークはまず物体の表面と裏面にそのまま投影されて物体上に存在する 3 次元ストロークに変換される。ユーザがクリック操作を行うと、クリックされた点を含む側のサーフェスが削除され、断面に新たなポリゴンが生成される。断面の形状については、現在のところ Minimal surface として計算されている [10]。

4.5. 注射のアニメーション

肝臓のオブジェクトをクリックした際に注射器が飛んでくるアニメーションは、肝臓の 3D モデルからクリックした位置の法線方向を取得することにより実現している。また注射時に薬が広がっていく部分を表現するため、まずクリックした位置の周囲のサーフェスを取り出し、局所的な平面化を適用しテクスチャ座標を計算したあと、薬剤が広がっていく様子を表したテクスチャ画像を貼り付けている。

5. まとめと今後の課題

インタラクティブな 3 次元コンピュータグラフィクスを用いた肝臓病に関する患者説明ツールについて紹介した。このシステムを利用することにより、インフォームドコンセントにおける患者説明をより充実させることが期待できる。

今回紹介したシステムは、コンセプトを明らかにするための実験的なプロトタイプシステムであり、実際に使えるシステムにするためにはより実際の疾患の特徴や治療の内容に即したものに練り上げていく必要がある。

さらに、今回のシステムと同様に、他の臓器についても、インタラクティブな 3 次元コンピュータグラフィクスを用いた説明ツールの開発も行っていく予定である。具体的には、複雑な 3 次元的な構造をもった臓器として、心臓、脳、眼球、などを対象にしていくことを検討している。

文 献

- [1] Ritter F, Preim B, Deussen O, Strothotte T: Using a 3D puzzle as a metaphor for learning spatial relations: Proc of Graphics Interface Conference, Quebec, 2000.
- [2] National Library of Medicine: The visible human project. <<http://www.nlm.nih.gov/research/visible/>> [accessed July 29, 2007]
- [3] Lindblad A, Turkiyyah G: A physically-based framework for real-time haptic cutting and interaction with 3D continuum models: Proc of the 2007 ACM symposium on Solid and physical modeling, Beijing, 2007, pp. 421-429.
- [4] Montgomery K, Stephanides M, Schendel S, Rose M: A case study using the virtual environment for reconstructive surgery: Proc of the conference on Visualization '98, North

- Carolina, 1998, pp. 431-434.
- [5] 中沢一雄,原口亮,大森健太,八木隆宏,吉富紘平,稲田紘,高山健志,井尻敬,五十嵐健夫: 電子カルテの有効利用をめざした先天性心疾患のためのシェーマシステム,第27回医療情報学連合大会論文集,pp.452-453, 2007
 - [6] 大森健太,原口亮,吉富紘平,鍵崎康治,八木隆宏,岸野文郎,中沢一雄: **Senning** 手術を説明するインタラクティブシステムの試作,電子情報通信学会技術報告,MBE2007-74,pp.9-12,2007
 - [7] 八木隆宏,吉富紘平,松本雅大,大森健太,谷昇子,丸上輝剛,松田淳子,鍵崎康治,五十嵐健夫,八尾武憲,原口亮,中沢一雄,稲田紘: インフォームドコンセントを支援する医療画像情報システムの構築,第27回医療情報学連合大会論文集,pp.407-408, 2007
 - [8] 森口博基,丹黒章,ブライアンサマビル,森川富明,近藤佐地子,岡田達也,小西健史: **Web**上の協力による外科手術のためのインフォームド・コンセント用3DCGアニメーションの作成,第27回医療情報学連合大会論文集,pp.415-416, 2007
 - [9] 森悠紀,五十嵐健夫,原口亮,大川常吉,吉田達雄,稲田紘,中沢一雄: 心臓カテーテル検査におけるグラフィカルで効率的な所見入力を可能にした電子カルテ・インタフェースの開発,医療情報学,第26巻,第3号,pp.169-175,2006
 - [10] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Hidehiko Tanaka, "Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design" ACM SIGGRAPH'99, Los Angeles, 1999, pp.409-416
 - [11] Andrew Nealen, Takeo Igarashi, Olga Sorkine, Marc Alexa, "FiberMesh: Designing Freeform Surfaces with 3D Curves", ACM Transactions on Computer Graphics, Proceedings of SIGGRAPH 2007, vol.23, No.3, Article No.41, 2007
 - [12] Sheffer, A., Lévy, B., Mogilnitsky, M., and Bogomyakov, A. 2005. ABF++: fast and robust angle based flattening. *ACM Trans. Graph.* 24, 2 (Apr. 2005), 311-330.