

## 腫瘍領域情報に基づく 肝臓切除容量最小化のための門脈切除点計算

### Computation of Cut Points on Portal Vein Based on Tumor Region Information for Minimizing Resected Liver Volume

○岡田萌\*, 張山昌論\*, 亀山充隆\*, 下田貢\*\*

○Moe Okada\*, Masanori Hariyama\*, Michitaka Kameyama\*,  
Mitsugi Shimoda\*\*

\*東北大学, \*\*獨協医科大学

\*Tohoku University, \*\*Dokkyo Medical University

**キーワード** : 肝切除(liver resection), 門脈支配領域(portal segments),  
コンピューター支援手術計画(Computer-Assisted Surgical Planning),  
ボロノイ図(voronoi diagram), 3次元画像処理(3-D image processing)

**連絡先** : 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

東北大学大学院 情報科学研究科 情報基礎科学専攻 亀山・張山研究室 岡田萌,

Tel: (022)795-7155, Fax: (022)263-9167, E-mail: m\_okada@ecei.tohoku.ac.jp

## 1. はじめに

手術前に CT/MRI 画像から患部の 3 次元構造を構築し、手術計画を行う事が重要となってきた。しかしながら、肝臓のように複雑な構造を有する臓器の 3 次元構築においては、現状の画像処理ソフトウェアの抽出性能が低いため、手動により多数の修正を行う必要があり、その作業時間が膨大となるという問題がある。また、作業者の熟練度により構築結果がばらつくなどの問題がある。

これらの問題を解決するために、本研究グ

ループでは、肝臓外科手術を対象として、精度の高い臓器抽出、血管抽出、術式を考慮した支配領域推定等の自動化に向けて研究を行っている<sup>1)3)</sup>。

本稿では、腫瘍領域情報に基づき最適な切除領域を自動的に算出する手法を提案する。「最適な切除領域」とは、腫瘍の再発の可能性が低く、かつ切除容量を最小にできる切除領域とする。腫瘍の再発の可能性を低くするような切除領域の決定方法としては、広く用いられている門脈(肝臓の血管の一つ)に基づく方法を採用する。従来の切除領域決定法で

は、CT 画像から抽出された門脈上で、全体の切除領域を小さくできるような切除点の組み合わせを、人間が試行錯誤的に選択していた。そのため、最小化が保証されず、切除容量は作業者のスキルに大きく依存していた。一方、提案手法では、患部の 3 次元画像を構築する際に得られる腫瘍領域情報を活用して腫瘍に栄養する門脈分枝を特定し、それらの分枝上で切除容量を最小とする最適な切除点の組み合わせを自動的に計算できる。

## 2. 支配領域推定

### 2.1 支配領域と腫瘍の関係

支配領域とは各血管が栄養を供給する領域を指している。癌などの腫瘍は通常最も近くにある血管から栄養をもらい成長するため、手術では腫瘍に栄養を与える血管(腫瘍の細胞を支配領域に含む血管)ごと切除することが多い。したがって、プランニングで各血管の支配領域が正確に推定できないと誤った血管を切除してしまう可能性や、切除する必要の無い領域まで切除し、結果的に切除容量が大きくなってしまいう可能性が考えられる。切除容量が大きいと患者に負担がかかる。以上より、プランニングでは正確な支配領域推定を行うことや最適な切除領域の設定が重要である。

### 2.2 支配領域推定

支配領域推定にはボロノイ図の考え方を採用している。ボロノイ図とは空間中に配置された母点の勢力範囲(各母点までの距離が最も近い領域)を表す図であり、今回母点は門脈の各点にあたる。図 1 において薄い灰色の点は門脈の点を示す。また、門脈点上のラベルは各門脈点を区別するための ID である。ボロノイ図の考え方にに基づき、各門脈点の勢力範囲を計算し、勢力範囲内の点にその門脈点の ID を付す(図 1 左)。

## 3. 切除領域算出手法

従来の算出手法は、支配領域推定結果を基に、ユーザーが指定する門脈を切除した場合に栄養が行き届かなくなる領域(以下、切除領域と呼ぶ)を推定する手法である。図 1 右では ID=3 の点を切除点とした例である。切除領域の体積は、切除点から末端までの門脈点の勢力範囲の和で求められる。

従来手法と実際の手術で利用されている手法を比較したところ、従来手法では血管を基に切除領域を決定するのに対し、手術では超音波エコー装置を使用し、腫瘍の位置、大きさなど、腫瘍を基に切除領域を決定している点で乖離が生じていることがわかった。また、任意に切除点を指定できることは、ユーザーごとに算出結果が異なってしまう原因となる。さらに、切除点が肉眼で認識できる血管に指定されるため、体積が大きく見積もられてしまう点も問題点として挙げられる。

これらの問題を解決するために、プランニングでも腫瘍を基とした算出手法を提案する。始めに、入力画像の腫瘍画像を基に腫瘍領域の座標を確認する。次に、その座標と支配領域推定結果(図 1 左)を照合することで腫瘍の座標を支配している血管を特定する(図 2 左)。特定後、支配している血管中で最も根元にある点を切除点に設定する(図 2 右)。最後に、切除血管の支配領域を表示することで腫瘍を被覆する血管と領域を算出する。

## 4. 評価・考察

入力画像に CT 画像から抽出した肝臓画像、細線化処理を行った門脈画像、腫瘍画像を用いて評価を行った。高精度に血管を抽出するために、ラインフィルタ<sup>4)</sup>及びグラフ構造解析に基づく手法を開発し、活用している。今回、従来手法は切除点を 3 点に指定し行った。

表 1, 図 3 に従来手法と, 提案手法の切除領域算出結果を示した. 表 1 より, 提案手法は腫瘍を被覆する最小体積で切除領域が算出されているのに対し, 従来手法の切除領域は提案手法の 3.17 倍にあたり, 従来手法が切除する必要の無い領域まで含み, 大きく見積もられていることがわかった. 提案手法は手術に沿った切除領域である点や, 結果がユーザーに依らない点で従来手法より有用である. しかし, コンピューターでは認識出来るが実際の手術で人間の目で認識できないような細い血管に切除点が設定されている点については改善が求められる.

## 5. まとめ

プランニングに腫瘍情報を用いることで, 手術体系に近い結果を推定できるようになった. 今回の手法では, 切除点が人間の目で見えない可能性があるため, 今後血管の太さや, 腫瘍情報から術式を考慮した推定を行うことが重要となる.

### 参考文献

- 岡田萌, 張山昌論, 亀山充隆, 下田貢, 小林康浩, "高精度血管抽出に基づく門脈支配領域推定", 電気関係学会東北支部連合大会, Oct, 2012
- 尾形吉隆, 張山昌論, 亀山充隆, 下田貢, "グラフ構造解析に基づく肝臓血管の自動抽出", 電気関係学会東北支部連合大会, Oct, 2012
- 下田貢, 清水崇行, 張山昌論, 窪田敬一, "血管グラフ構造を用いた門脈自動追跡の使用経験", 第7回肝臓治療シミュレーション研究会, I-1,p.18(2012-10-06,ホテル日航 熊本)
- Y.Sato, S.Nakajima, N.Shiraga, H.Atsumi, S.Yoshida, T.Koller, G.Gerig, and R.Kikinis, "Three-dimensional

multi-scale line filter for segmentation and visualization of curvilinear structures in medical images," *Med. Image Anal.*, vol.2, no.2, pp.143-168, 1998.



図 1 ボロノイ図を用いた支配領域推定

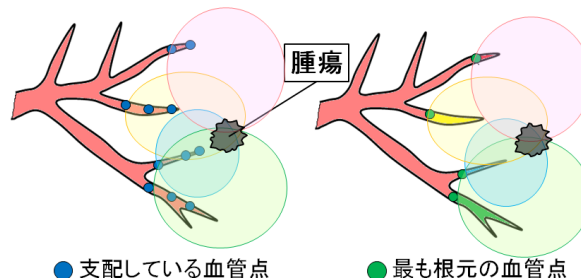


図 2 腫瘍情報に基づく切除点の設定手法

表 1 従来手法と提案手法の結果比較

	従来手法	提案手法
切除点	3	6
切除体積 (mm <sup>3</sup> )	511182	161064
切除率(%)	28.52	8.99
切除血管点 (総数)	556	72

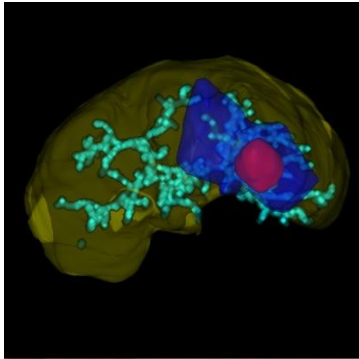
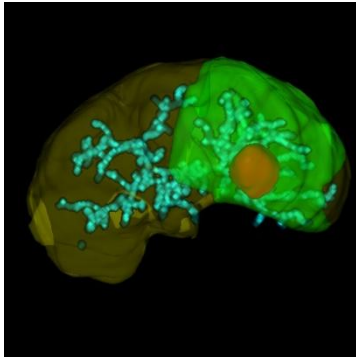


図 3 従来手法(上), 提案手法(下) 推定結果