



Title	Multiple Threshold Displayによる門脈系の 3D-CT angiography
Author(s)	清水, 雅史; 上杉, 康夫; 山本, 和宏 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(12), p. 834-838
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17506
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Multiple Threshold Displayによる門脈系の3D-CT angiography

清水 雅史 上杉 康夫 山本 和宏 新武 慶興 西垣 洋
松井 律夫 河合 武司 末吉 公三 楠林 勇

大阪医科大学放射線科

Three-dimensional CT Angiography of the Portal Vein Using Multiple Threshold Display

Tadafumi Shimizu, Yasuo Uesugi,
Kazuhiro Yamamoto, Keikou Aratake,
Hiroshi Nishigaki, Ritsuo Matsui, Takeshi Kawai,
Kozo Sueyoshi and Isamu Narabayashi

To evaluate the usefulness of three-dimensional (3D) CT angiography of the portal vein obtained by using a multiple threshold display, 3D reconstructions were performed in 15 patients.

The CT scanner employed was the Toshiba Xvigor. A volume of 150 ml of Iopamidol 300 mgI/ml was administered at 3.3 ml/sec intravenously. Portal venous phase helical scanning was initiated 80 seconds after the start of the injection. Helical CT data were acquired using up to 25 continuous 1.0-sec rotations during a single breath-hold with an X-ray beam width of 7 mm and a couchtop movement speed of 7 mm/sec. Axial images were reconstructed at a section interval of 3 mm. Both the shaded surface display (SSD) and multiple threshold display (MTD) were generated by using Xtension with Sparc20.

MTD was performed as follows. First, voxels, with higher CT values than that of liver parenchyma, were selected. Then, selected voxels were divided into eight parts, which were each assigned gradations of white to grey. The highest part of selected voxels, with higher CT values than that of the second branch of the portal vein, were set to white and a transparency of 0 %. The other seven parts were each assigned transparencies of more than 0 %.

MTD images were compared with SSD in 15 cases by two radiologists. MTD images were superior to SSD images in quality, because MTD diminished surrounding artifacts due to liver parenchyma and enabled small vessels to be depicted clearly.

Based on the above results, it was considered that MTD was a useful method for 3D CT angiography using enhanced helical CT.

Research Code No. : 514.1

Key words : Helical CT, 3D imaging, Portography,
Volume rendering

Received Dec. 20, 1995; revision accepted Mar. 19, 1996

Department of Radiology, Osaka Medical College

はじめに

ヘリカルCTの臨床応用¹⁾⁻³⁾に伴い、volume dataの取得と血管の良好な造影効果が得られるようになり、腹部領域においても血管の3次元表示(three dimensional CT angiography以下、3D-CT angiography)の有用性が報告されている⁴⁾⁻¹⁰⁾。それらの多くは、CT値の2値化による方法であるshaded surface display(SSD)法とmaximum intensity projection(MIP)法が汎用されているが、そのおのおのに問題点が指摘されている。今回われわれは、複数のCT値を抽出する方法であるmultiple threshold display(MTD)¹¹⁾を門脈系の3D-CT angiographyに応用し、SSD法により得られた3D-CT angiography像と比較することでMTD法の有用性を検討したので報告する。

対象および方法

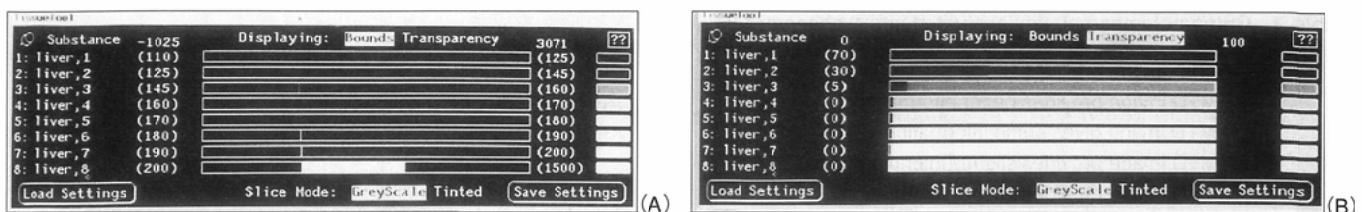
1.撮像方法

使用したCT装置は、東芝社製Xvigorである。造影剤は、自動注入器を用いて経静脈的に300mgI/ml,Iopamidol計150mlを3.3ml/secで注入し(注入時間45秒)，造影剤注入開始30秒後早期相、80秒後後期相、3分後遅延相の三相性CTを施行した。本研究での以下の3D画像は、80秒後からの門脈優位相のデータを用いて作成した。ヘリカルCTは、135kVp,150mA,1回転1秒,X線ビーム幅7mm,テーブル移動速度7mmで施行し、スキャン時間は25秒、スキャン範囲は16cmである。補間再構成アルゴリズムは180°補間法を行い、画像再構成間隔は3mmピッチとして、56枚の横断像を作成した。3D画像は、Sparc20を使用した診断用画像処理システムXtensionを用いて作成した。

2. MTDの作成方法

multiple threshold displayとは複数の閾値を用いて3D画像を作成する方法である。Xtensionでは、8種類の閾値(CT値)の設定が可能で、各閾値について透明度(0~100%)¹²⁾を設定する。門脈系のMTDの作成方法を以下の(1)~(4)に示す。

(1)肝実質にROIを設定しそのCT値を測定する。そのCT値



の平均値を抽出閾値の下限値(①)とする。

- (2) 門脈2次分枝にROIを設定しそのCT値を測定する。そのCT値の平均値(②)以上の色をwhiteとする。
- (3) ①～②を7分割し、greyからwhiteの色を段階的に割り付ける。
- (4) 透明度は、whiteを0とし、CT値の低いものほど高い値を設定する。

・複数の閾値設定

閾値設定の1例を示す。8種類の閾値(CT値)を選択し、greyからwhiteの色を割り付ける(Fig.1(A))。透明度はwhiteを0%とし、CT値の低いものほど高い値を設定する(Fig.1(B))。

・透明度

次に透明度の影響について1例を示す。8種類の選択した抽出閾値の内の肝の濃度に相当する最も低いCT値の領域(以下、最低抽出域)の透明度を0, 1, 5, 100%と変化させると、透明度が小さい方が最低抽出域のボクセルはより多く描出されている(Fig.2)。すなわち、透明度を0%とすれば、その閾値の全てのボクセルが描出され、100%とすればその閾値のボクセルはまったく描出されず、3次元再構成の下限値をその分上昇させたものと同等の画像が得られることとなる。

3. SSDの作成方法

SSDの作成方法は、まずMTDの下限値より30HU高い値を

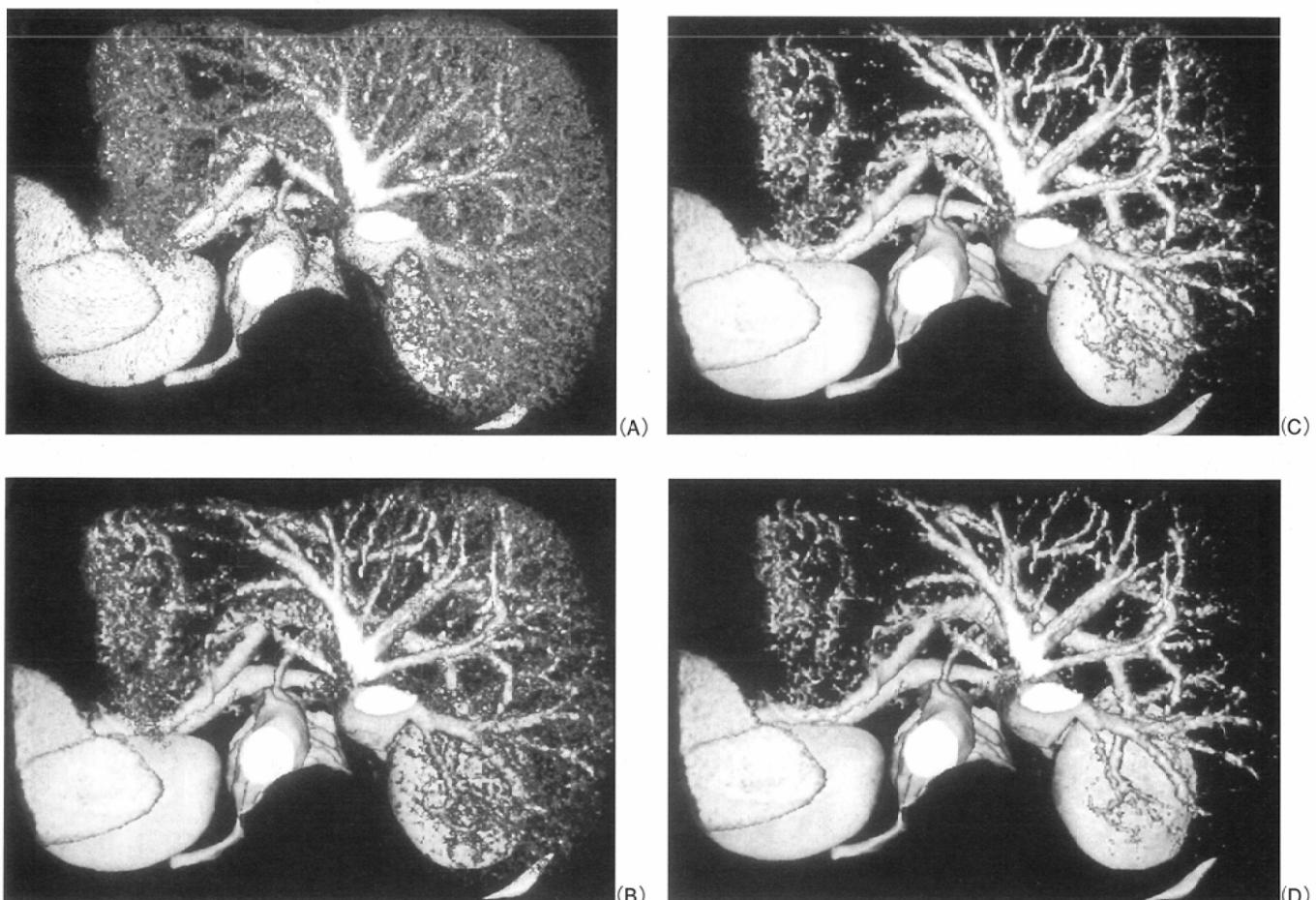


Fig. 2 A 52-year-old-woman with localized fatty liver. Transparency of the lowest selected part was varied ranging from 0% to 100%. Higher transparency had MTD, more hepatic vessels were shown.

(A) MTD (superoinferior view): transparency of 0% (B) MTD (superoinferior view): transparency of 1%
 (C) MTD (superoinferior view): transparency of 5% (D) MTD (superoinferior view): transparency of 100%

Table 1 Criteria of image quality evaluated in the observer test

(+2) : MTD image provides far better information
(+1) : MTD image provides better information
(0) : MTD image gives same information
(-1) : MTD image provides slightly inferior information
(-2) : MTD image provides inferior information

Abbreviation: MTD: multiple threshold display

Table 2 Result of image quality evaluation

Score	+2	+1	0	-1	-2
No. of cases	8	5	2	0	0
average 1.4 S. D. 0.737 ($p < 0.001$)					

選択して画像再構成を行った後、症例に応じ下限値を適宜変化させ、SSD法による3D-CT portographyを得た。そして最も門脈系が良好に描出された画像をもってMTDとの比較対照画像とした。

4. 検討方法

対象は、肝腫瘍が疑われて3相性CTが施行された15例で、その内訳は、肝癌10例、肝硬変3例、肝内結石1例、限局性脂肪肝1例である。

MTD、SSDは、前述の方法で作成した。各症例で前述の方法でSSDおよびMTDによる3D画像を作成し、正面像での門脈系の画質を、放射線科専門医2名によりTable 1の基準で5段階の点数法により比較判定した。

結果

結果は、+2:8例、+1:5例、0:2例で、scoreの平均値は1.4、標準偏差は0.737であった(Table 2)。MTDは全例がSSDより同等あるいは良好の判定であり、MTDが有意に優れていた($P < 0.001$)。

次に症例を示す。

症例1：肝硬変に伴う胃静脈瘤の患者で、SSDとMTDを示す。SSDでは末梢枝は周囲の肝実質に由来するノイズが多く不明瞭で、MTDの方が末梢枝が見やすく、門脈1～2次分枝の辺縁も滑らかに描出されている。+2と判定した(Fig.3)。

症例2：肝硬変とgastrorenal shuntを認めた患者で、SSDとMTDを示す。本例においても、MTDの方が末梢枝が見やすく画質が優れている。scoreは、+2と判定した(Fig.4)。

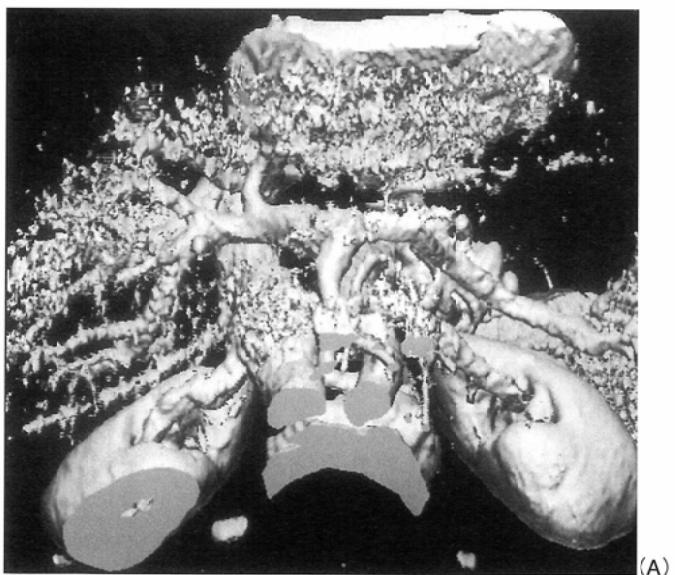
症例3：肝内結石症の患者で、SSDとMTDを示す。末梢枝の描出能は同等であるが、MTDの方が門脈1～2次分枝の辺縁は滑らかに描出されており優っている。scoreは、+1と判定した(Fig.5)。

症例4：肝癌の患者で、SSDとMTDを示す。SSDとMTDの門脈系描出能はほぼ同等である。scoreは、0と判定した(Fig.6)。

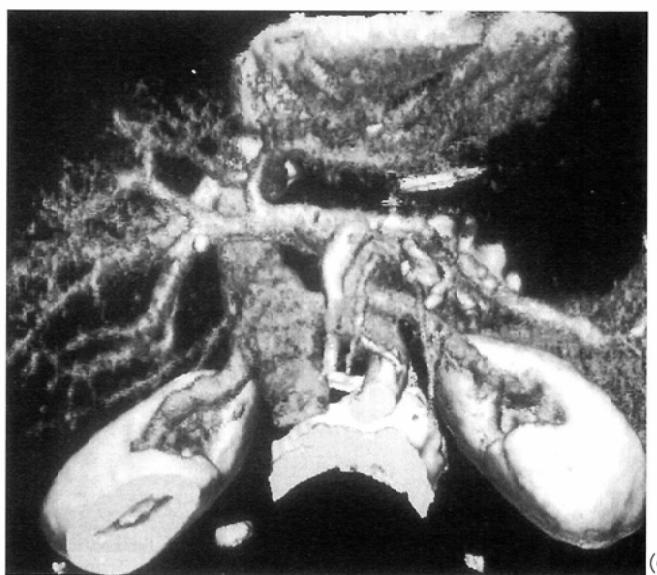
考 案

3次元画像は、臓器や病巣の立体的把握や全体像の把握が容易となる利点があり、CTやMR imagingをその元画像として作成されることが多い^[13]。ヘリカルCTは、腹部領域において、1回の呼吸停止下に短時間で広範囲の撮像が可能ため、良好な造影効果と連続性の良い画像が得られる利点があり、画質の良い3D画像を作成することが可能となった。現在、3D-CT angiographyの報告は、SSDとMIPが汎用されているが、そのおのおのに問題点が指摘されている。

SSDによる3D-CT angiographyは、画像再構成が容易で短時間に作成できることと、任意の方向からの観察ができ、脈管の立体的把握が可能となることが有用性である。一方、閾値の設定により画像が大きく変化することが欠点で

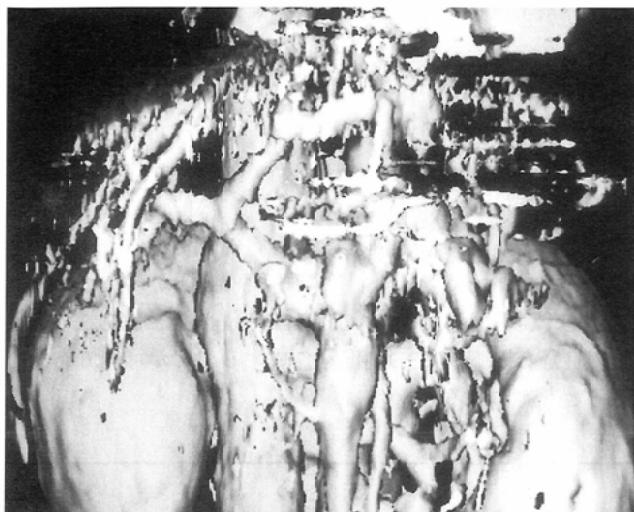


(A)

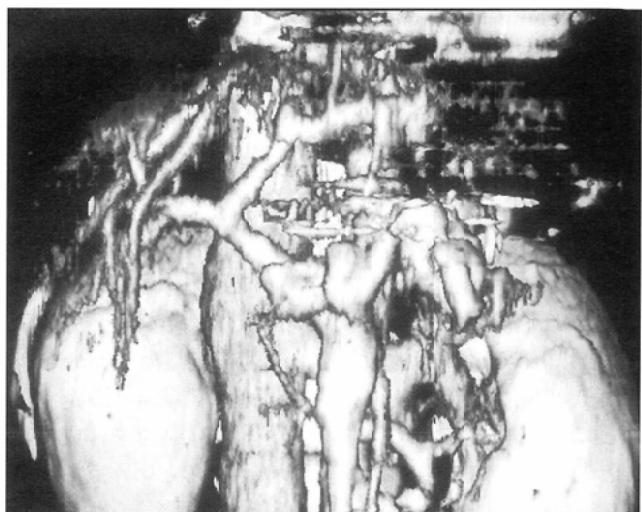


(C)

Fig.3 A 65-year-old-man with liver cirrhosis and gastric varices. MTD was clearly superior to SSD images in quality, because MTD diminished surrounding artifacts due to liver parenchyma. In MTD, the smaller portal branches were clearly depicted. We judged it (+2). (A) SSD (anteroposterior view) (B) MTD (anteroposterior view)



(A)



(C)

Fig.4 A 34-year-old-man with liver cirrhosis and gastrorenal shunt. MTD was clearly superior to SSD images in quality, because MTD diminished surrounding artifacts due to liver parenchyma. In MTD, the smaller portal branches were clearly depicted. We judged it (+2). (A)SSD (inferior oblique view) (B)MTD (inferior oblique view)

ある。すなわち、設定した抽出閾値の下限値以下のボクセルの情報は失われる。また、抽出閾値内のボクセルは同一の濃度に描出されるため、血管壁の石灰化も区別できない^{9),11)}。

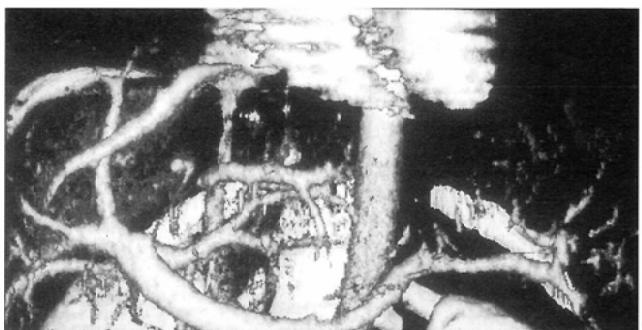
MIPは、閾値設定の必要がないことから一定の画像が得られる利点がある。また、SSDと比較して、末梢血管の抽出が可能であると報告されている。しかし、前後像の場合に

は、肋骨や椎体を除去した再構成範囲を設定する必要があり繁雑であることや、2次元画像であることから、血管の前後関係の把握には多方向からの画像作成が必要であり、処理時間を見るなどの欠点がみられる^{9),11)}。

小林らは、臓器の質感を反映させることが可能で、CT値較差の少ない血管と実質から血管を明瞭に抽出できる方法



(A)

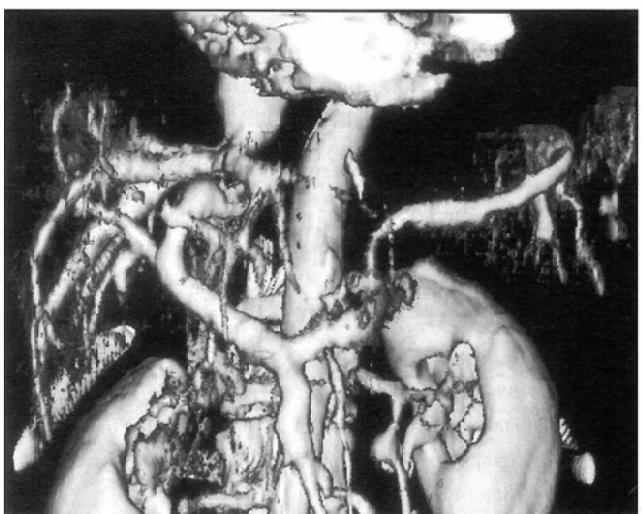


(C)

Fig.5 A 55-year-old-man with hepatolithiasis. MTD was superior to SSD images in quality, because MTD diminished slightly surrounding artifacts due to liver parenchyma. We judged it (+1). (A)SSD (anteroposterior view) (B)MTD (anteroposterior view)



(A)



(C)

Fig.6 A 58-year-old-woman with hepatocellular carcinoma. MTD was nearly equal to SSD images in quality. We judged it (0). (A)SSD (anteroposterior view) (B)MTD (anteroposterior view)

としてvoxel transmission法(VT法)を報告しており、高画質の3D画像を提示している¹⁴⁾。VT法は、ボリュームレンダリング法の一種であり、CT値を3次元空間上で反映させる方法であると報告されている¹⁴⁾。

MTDは、複数の閾値を設定することでその範囲の領域の選択的な抽出を可能とした画像再構成法である。閾値を任意に設定することにより血管内腔、血栓、石灰化などの抽出が可能であると報告されている¹¹⁾。今回われわれは、肝実質の平均CT値以上のボクセルを8分割して、greyから門脈2次分枝以上のCT値のボクセルをwhiteに設定した。whiteを透明度0とし、低いCT値の領域に高い値の透明度を設定することにより、CT値をある程度反映させた3D画像を作成することができた。CT値をある程度反映させるという点で、MTDはVT法に近い画像を作成しているものと考えられる。また、門脈系と肝実質のCT値の差が少ない場合には、SSDでは、脈管と境界域のCT値を呈する肝実質部分も同一の色調として表示されるため画像上のノイズとなり末梢枝の抽出能が低下する。一方、MTDでは、ノイズにあたる部分の透明度を高く設定することで、ノイズ部分はgreyとして表示されて門脈系のコントラストが良好となり画質の向上が得られた。

カラーの設定については、今回は血管の3次元表示が目的であり、高濃度部分はwhiteに、低濃度部分はgreyに表示することが、われわれ放射線科医には感覚的に理解し易いと考えて、カラー表示も可能であるがwhiteからgreyに設定して3D画像を得た。

MTDの欠点としては、SSDの一種であるために、SSDと同様に閾値の設定や造影効果の程度により画像が変化することが挙げられる¹¹⁾。そのためにわれわれは、一定のMTDの作成方法を設定した。また、VT法と異なり自動的に連続的な透明度が設定できないため、透明度の設定にある程度

の経験が必要であり、投影方向により適切な透明度が変化する。今回の検討では、最低抽出域の透明度は、10~70%であったが、100%として下限値を上げることが必要となる場合も有り得る。画像再構成時間については、MTDとSSDの作成時間を比較するといずれも3分以下であったが、MTDの方がおむね長時間を要した。

造影ヘリカルCTの横断像に加えて3D画像を作成することにより、頭尾方向の連続性や全体像の把握が容易となる。MTD法による門脈系の3D-CT angiographyは、SSD法に比較して良好な門脈系の3D画像を作成することが可能で有用であると考えられる。

まとめ

1. 門脈系の3D-CT angiographyにMultiple threshold display (MTD)を応用し、画質の向上を図った。
2. MTD法は、複数の閾値(CT値)とその透明度(0~100%)を設定する方法である。肝実質の平均CT値以上のボクセルを8分割して、greyから門脈2次分枝以上のCT値以上の値を示したボクセルをwhiteに設定した。whiteを透明度0としCT値の低い領域ほど高い透明度を設定した。
3. 肝疾患15例についてSSDとMTDの正面像を点数法にて比較したところ、MTDはSSDよりも有意に優れていた。
4. MTDは、CT値の差をある程度反映させることができ、ノイズにあたる部分の透明度を高く設定することによりノイズが減少して画質が改善することから門脈系の3D-CT angiographyに有用である。

本論文の要旨は、第248回日本医学放射線学会関西地方会で発表した。稿を終えるに際し、本研究に御協力頂きました吉川秀司技師並びに放射線科諸兄に深謝致します。

文献

- 1) 片倉俊彦、木村和衛、鈴木憲二、他：CTの基礎的研究 第9報—螺旋状スキャン(ヘリカルスキャン)の試みー。断層映像会誌 16(3) : 247-250, 1989
- 2) Kalender W, Seissler W, Klotz E, et al: Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport and continuous scanner rotation. Radiology 176: 181-183, 1990
- 3) Heiken JP, Brink JA, Vannier MW: Spiral(Helical)CT. Radiology 189: 647-656, 1993
- 4) 清水雅史、新武慶興、難波隆一郎、他：上腹部におけるヘリカルCTによる二次元及び三次元画像の検討。日本医学会誌 53 : 275-282, 1993
- 5) 吉岡寛康、熊谷年起、藤田眞、他：Spiral CTによる腹部Angiography—3D画像とMIP画像の検討ー。映像情報 25 (15) : 851-854, 1993
- 6) Rubin GD, Dake MD, Napel SA, et al: Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen: initial clinical experience. Radiology 186: 147-152, 1993.
- 7) Costello P, Gaa J: Spiral CT angiography of the abdominal aorta and its branches. Eur Radiol 3(4): 359-365, 1993
- 8) Shimizu T, Narabayashi I, Keikou A et al: Helical scanning CT for Hepatocellular Carcinoma. Radiation Medicine 12(3): 99-104, 1994
- 9) 清水雅史、新武慶興、上杉康夫、他：腹部血管の造影ヘリカルCTによる三次元立体表示。日本医学会誌 55 : 946-951, 1995
- 10) 片田和廣：ヘリカルスキャンCTを中心とした3次元画像診断の現状と問題点。MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY 13 (3) : 208-214, 1995
- 11) 小林泰之：撮影法と三次元再構成の実際。三次元CT血管造影法－血管造影の新しい診断法－。永井純、安達秀雄編：p. 65-77, メディカルサイエンスインターナショナル, 東京
- 12) 横井茂樹：コンピューターグラフィックスによる物体のリアルな表現。画像電子学会誌 13(4) : 306-314, 1984
- 13) 上杉康夫、植林勇：CT, MRIの3次元立体表示。Pharma Medica 9(12) : 33-40, 1991
- 14) 小林尚志、吉川晃、水村直、他：経静脈性造影剤注入による腹部血管の三次元CT画像voxel transmission投影法による画像再構成に関する。臨床画像 11(4) : 98-107, 1995