

骨盤部臓器のMRIによる3次元立体表示

杉田礼児¹， 及川秀樹¹， 金成柱¹， 岡田秀人¹，
石橋忠司¹， 高橋昭喜¹， 坂本澄彦¹， 伊藤憲彦²，
工藤純一²

¹東北大学医学部放射線医学教室

²同 大型計算機センター

対象および方法

はじめに

近年CTをはじめMRなどの断層像から3次元画像化が可能になっており、2次元画像では認識が困難な空間的位置関係が明瞭になるため、診断や手術の支援手段として種々の分野から3次元化が強く求められている。CTはラセンCTの登場によりその適用範囲が広がってきているが、MRIに関しては適用範囲はいまだ限られている。腹部実質臓器は周囲組織との境界が曖昧なため臓器抽出が難しく、3次元化は困難とされておりいままでもほとんど報告がなされていなかった。特に、骨盤部臓器のMRIによる3Dイメージングについては、まだほとんど研究がなされていない。このうち骨盤部管腔臓器（膀胱、直腸）に関しては既にCTにて盛んに研究されており¹⁾、MRIでの研究の報告も認められている²⁾。しかし骨盤部実質臓器（子宮、前立腺、etc.）の3Dイメージについては、産婦人科医や泌尿器科医から術前検査としての要望が強いにもかかわらず³⁾、我々が調べた範囲内ではMRIによる3次元化の論文は現れていない。今回我々はMRIによる骨盤内臓器の3次元表示を試みたので、その臨床的有用性を検討した。

対象は骨盤部のMRI検査を行った31症例。疾患の内訳は子宮筋腫12例、子宮体癌2例、子宮頸癌10例、前立腺腫瘍2例（前立腺癌1例、前立腺肉腫1例）、正常例5例であった。使用したMRI装置はSIEMENS社製MAGNETOM H-15 (1.5T)で撮影条件はT₂WI (TR/TE/excitation=2000/90/1)及びGd-DTPA (0.1mmol/kg)造影後のT₁WI (TR/TE/excitation=450-500/15/2-4)であった。マトリクスは256×256で、slice厚は2-7mmであった。3次元再構成システムは、MRIにて得られたデータを学内LANのTAINSを介して、ワークステーションNEC社製EWS4800に転送して、3次元再構成画像を作成し、SGI社製ONIX上で3次元表示した。再構成画像の作成については、境界を抽出しSKIN法⁴⁾にて3次元化し、サーフェスレンダリング⁵⁾により画像表示した。子宮内腔の可視化のために、子宮はレイトレーシング法にて表示した。境界の抽出には我々の開発した方向ベクトル法を用いた⁶⁾。方向ベクトル法は注目画素を中心に5×5領域のマスクを用い (Table 1)、領域中の任意の画素と中心画素との方向ベクトルの方向角の差を求め $\cos \theta$ とし境界抽出の評価値とした。方向ベ

キーワード MRI, 3D imaging, pelvic organs

Table 1. Mask for direction vector method

		k+2,k		
		k+1,k		
k,k-2	k,k-1	k,k	k,k+1	k,k+2
		k-1,k		
		k-2,k		

クトルの方向角は、Table 1 のように注目画素を中心とした 5×5 領域の行列の形にすると、外周上の画素値により次式のように求められた。

$$\phi_k = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sum_{m=k-2}^{k+2} \alpha^{k+2,m} - \sum_{m=k-2}^{k+2} \alpha^{k-2,m}}{\sum_{l=k-2}^{k+2} \alpha^{l,k+2} - \sum_{l=k-2}^{k+2} \alpha^{l,k-2}} \right\}$$

$\alpha_{i,m}$: マスク上の位置行列 [1, m] での画素値

ϕ_k : $\alpha_{k,k}$ を中心とした方向角

次に注目画素 i を中心とした 5×5 近傍の各画素 j に対して方向角の差 θ を求め類似度

$$c = \sum \cos \theta_{ij}$$

$$\theta_{ij} = \phi_j - \phi_i$$

を計算し境界抽出した。出力としてコンピューター画面上の他に、フジフィルム社製 PICTROGRAPHY にてペーパー出力した。

結 果

作成された 3 次元画像は骨盤部臓器相互の関係をよく描出した。外方へ突出・進展する腫瘍

については、その進展範囲が明瞭になった。子宮内腔のイメージを付加することにより、内腔の変化も合わせて理解できた (Fig. 1)。

考 察

組織分解能の向上から子宮・前立腺疾患など骨盤内臓器に関する MRI の有用性は広く認められている。子宮や前立腺の腫瘍では腫瘍の外方への進展が重要視されており、このため各臓器間の立体的な把握が診断上必要で、術前検査としても重要になってくる。しかし、各臓器間の濃度差が少なく互いに重なり合っているため、一般的な 3 次元画像装置による画像処理はいままで使用できなかった。今回我々が開発した方法による骨盤部臓器の 3 次元表示により、各臓器間の関係が明らかになり、特に子宮疾患では子宮内腔の様子も明瞭に把握でき、腫瘍の進展範囲の把握及び子宮内腔の狭窄の程度などを理解することが容易になった。また臓器の位置異常や臓器形態の全体的把握も可能と思われた。しかし、この 3 次元表示のみでは外方へ突出した腫瘍しか把握できず、子宮においては内腔の表示のみで筋層構造などの内部情報が失われてしまう。このため病変の深達度を理解するためには、断層像も併せて利用することが必要と思われた。我々の使用した 3 次元装置のソフトウェアではベジェ関数⁴⁾により補間を行っているため、作成された 3 次元像に波打つ現象が認められた。この現象を防止し精度を向上させるためには、臓器の立体化という対象の特異性を考慮した新たな補関関数の導入が必要と思われた。また我々が用いた境界抽出法では一部半自動になり時間がかかる場合もあり、更なる改良が必要と思われた。

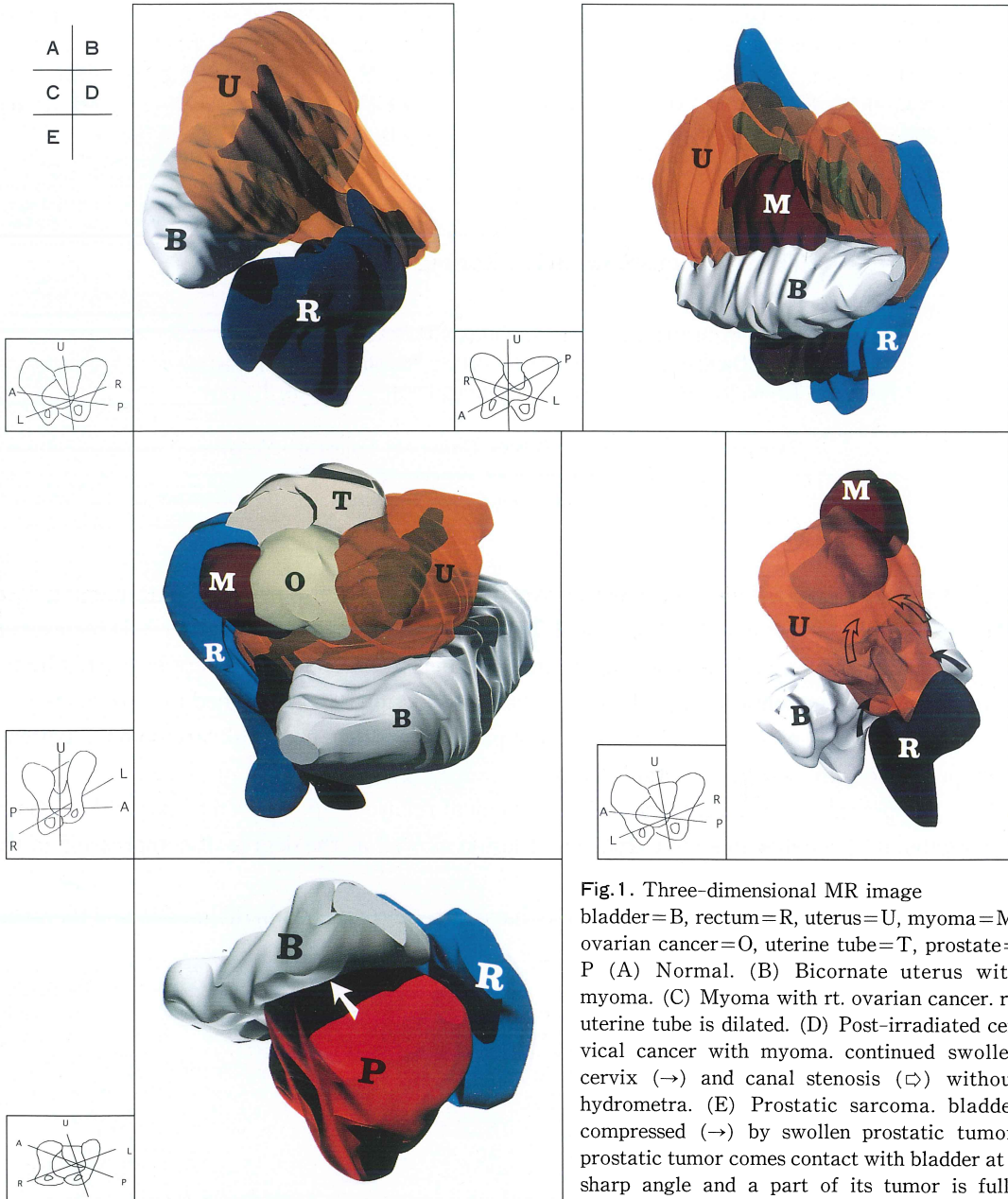


Fig.1. Three-dimensional MR image bladder=B, rectum=R, uterus=U, myoma=M, ovarian cancer=O, uterine tube=T, prostate=P (A) Normal. (B) Bicornate uterus with myoma. (C) Myoma with rt. ovarian cancer. rt. uterine tube is dilated. (D) Post-irradiated cervical cancer with myoma. continued swollen cervix (→) and canal stenosis (⇔) without hydrometra. (E) Prostatic sarcoma. bladder compressed (→) by swollen prostatic tumor. prostatic tumor comes contact with bladder at a sharp angle and a part of its tumor is fully embedded in surrounding bladder. It reveals bladder invasion by prostatic tumor.

文 献

1) 上野淳二, Isthiaq Kasem, 瀬尾浩二, 他: 三次元管腔臓器縦切開像. 日本医放会誌, 55 (1) : 76-78,

1995.
2) 上野 滋, 横山清七, 添田仁一, 他: MRI像による骨盤内臓器3次元表示の試み. Med Imag Tech. 12 : 443-444, 1994.

- 3) Sehgal CM, Broderick GA, et al. : Three-dimensional US and volumetric assessment. *Radiology*, 192 : 274-278, 1994.
- 4) 鳥谷浩志, 千代倉弘明 : 3次元CADの基礎と応用. 共立出版, 1991.
- 5) 周藤安造 : イントログクシオン-3次元画像処理技術の現状. *Med Imag Tech*, 12 : 363-368, 1994.
- 6) 松本一男, 金華榮, 小畑秀文 : DR画像における腫瘍影検出-アイリスフィルター. *信学論 (D-II)* J75-D-II, 3, 663-670, 1992.

Three-dimensional MR Imaging of Pelvic Organs

Reiji SUGITA¹, Hideki OIKAWA¹, Seityu KIN¹,
Hideto OKADA¹, Chuji ISHIBASHI¹, Syouki TAKAHASHI¹,
Kiyohiko SAKAMOTO¹, Norihiko ITOH², Juniti KUDO²

¹*Department of Radiology, Tohoku University, School of Medicine*

1-1 Seiryu-cho, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980

²*Tohoku University Computer Center*

We have developed a 3-D reconstruction system of the pelvic organs by the MR imaging data. MR images of multisection T₂WI and Gd-DTPA enhanced T₁WI were used for 3-D reconstruction. Uterus, prostate, and neighboring organs (bladder and rectum etc.) were extracted by the semi-automatic segmentation techniques. 3-D reconstruction was performed in 12 patients with myoma, 10 patients with cervical carcinoma, 2 patients with endometrial carcinoma, 2 patients with prostatic tumors, and 5 normal cases.

The 3-D presentation clearly shows the anatomical relationship between tumor and neighboring organs. It also delineates the extension of lesion as well as the degree of compression of the neighboring organs.

The 3-D MR imaging of pelvic organs may have excellent efficacy in diagnostic and therapeutic evaluation.