

特集 最新検査法の小児頭部画像診断への応用

1. ヘリカルスキャンCTとマルチスライスCT

片田和廣

藤田保健衛生大学 衛生学部

Helical Scanning CT and Multislice CT

Kazuhiro Katada

Department of Hygiene, Fujita Health University, School of Health Science

Abstract

For the past ten years, CT diagnosis has been totally revolutionized by the introduction of helical scan, real-time CT, three-dimensional diagnosis and other technological improvements. Recent development of multislice CT allows us to acquire volumetric data with higher resolution in shorter scanning time, which makes it possible to improve the quality of 3D, MPR images. This study illustrates the fundamental aspects and new applications of modern computed tomography.

Keywords : Helical scanning CT, Three-dimensional display, Multislice CT

はじめに

CTが日常診療に無くてはならない画像診断法として定着して久しい。1990年に普及がはじめたヘリカルスキャンは、三次元CTアンギオグラフィ(3D-CTA)をはじめとする新しいアプリケーションを生み出し、CTの応用範囲を大幅に拡大した。そして現在、さらに大きな技術革新の波がCT診断を変革させつつある。それはマルチスライスCT(multislice CT, multi-row detector CT)と呼ばれる技術である。本稿では、マルチスライスCTをはじめとする現在のCT技術とその小児神経系へのアプリケーションについて概説する。

ヘリカルスキャンとは

従来のCTは、スキャン中は患者寝台を固定し、一断面のスキャン完了後、患者寝台を一定間隔移動させて断層画像を得ていた。ヘリカル

スキャンでは、患者寝台を一定速度で移動させながら、スキャナーを連続回転させて人体のX線透過データを得る。このとき人体に対するスキャン軌道が、相対的に螺旋状になることから、ヘリカルスキャンCT(helical scan CT, spiral scan CT, 螺旋走査型CTなどと呼ばれることもある)の名で呼ばれている¹⁾。得られたデータは、そのままでは画像再構成ができないので、補間計算により目的位置の投影データを作製したのち(この方法をz軸補間法と呼ぶ)、従来のCTと同様の数学的手法(重畳積分法)により断層像を計算する。

ヘリカルスキャンの第一の利点は、従来法では避けられなかったスキャンとスキャンの間の患者寝台移動時間を省くことにより、短時間で広範囲をスキャンできることにある(Fig.1)。また、体軸方向のデータ連続性が良く、人体の三次元的データが得られることも大きな利点である。

マルチスライスCTとは

マルチスライスCTは、その名前が示すように、従来1列であった検出器を複数列装備し、複数のデータ取得機構(DAS, data acquisition system)との組み合わせにより、同時多断面を取得可能としたCT装置である²⁾。現時点では3種類の検出器が開発されており、それぞれスライス幅が選択できるよう工夫がこらされているが(Fig.2)、いずれも同時に得られる断面面数は4層に限られている。患者寝台を固定しての4断面同時スキャンも可能であるが、通常はヘリカルスキャンと組み合わせて使用される。

マルチスライスCTの利点のなかで最大のものは、同時4列のデータ計測による検査範囲の増大である。従来の一列検出器CTによるヘリカルスキャンに比べ、患者寝台の移動速度により3倍から6倍の距離を、同じ時間でスキャンすることができるようになった(Fig.3)。検査範囲が狭くて良い場合には、スキャン時間が大幅に短縮される。このため、殆どの臓器が、1回の呼吸停止で検査可能になった。1回呼吸停止下の検査では、スキャンの継ぎ目がないため、

体軸方向に連続性の良い画像を得ることができる。さらに、速度が向上した分、従来より薄いスライス幅を用いて体軸方向の分解能を上げることも可能である。

マルチスライス検出器の採用と前後して、2つの技術革新がCTにもたらされている³⁾。一つはスキャナー回転速度の短縮で、現在の最高機種では、1回転スキャン時間が0.5秒まで短縮されている。この高速スキャンとマルチスライス検出器を組み合わせれば、相乗効果でさらなる検査時間短縮が得られる。二つめはスライス幅の減少である。従来CTでは、スライスの厚みは最小でも1mmであった。この状態ではスライス面内の分解能が、頭部では0.35~0.5mmであったのに対し、体軸方向では2倍以上大きかった。このため画像単位(ボクセル)は、縦方向に長い直方体となり、体軸方向の分解能劣化の原因となっていた。最新のマルチスライスCTでは、スライス幅0.5mm(4列)が使用可能になったため、頭部で0.5(0.35)×0.5(0.35)×0.5mmという、x, y, z軸の分解能が等しいボクセル(等方性ボクセル)が実現された。従来の一列検出器の装置では、薄いスライスを用いると、

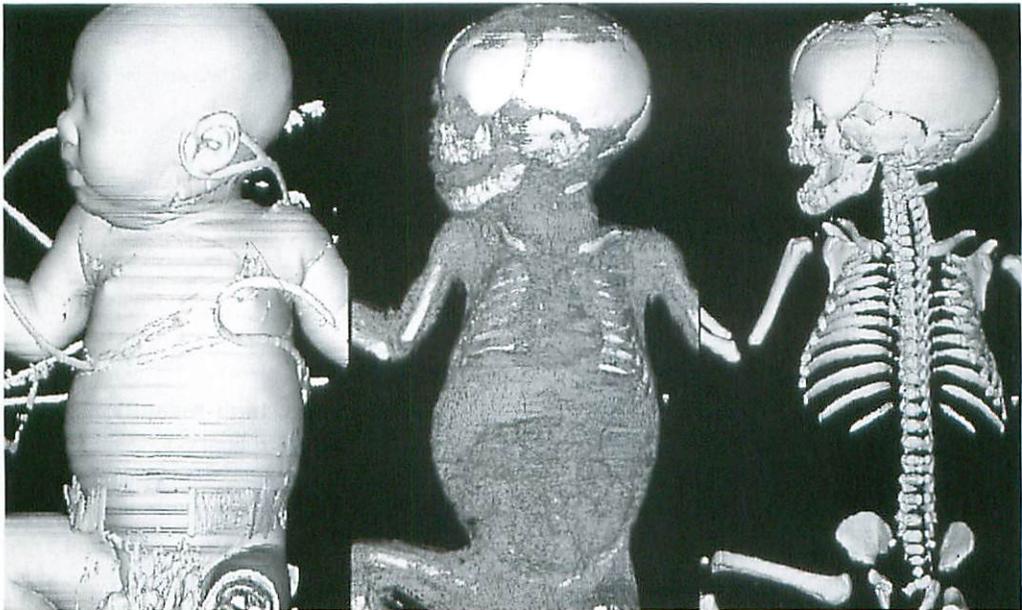


Fig.1 An example of wide-range scanning by single-slice helical scan.

いかにヘリカルスキャンを使用しても大幅な時間がかかり、実用的ではなかった。マルチスライス検出器の登場により、0.5mmという超高分解能でも、実用的な時間で検査が可能になったのである。

等方性データからは、軸位断像と全く等しい分解能を持った縦断像を得ることができる (Fig.4)。これはCT診断の革命と言えるほど大きな進歩である。等方性ボリュームデータはまた、三次元画像診断の元データとしても理想的である。一方で、データ量の増大が日常臨床上

の問題になっている^{4,6)}。

ヘリカルCT・マルチスライスCTのアプリケーション

1. 頭部ルーチンCT検査

通常検査の時間がヘリカルスキャンにより短縮されたことは、とくに小児CT診断においては大きな意義があった。マルチスライスCTではさらにその3~6倍高速化されるため、鎮静・麻酔を要する例の頻度がさらに減少すると考えられる。また、その運用法によっては、患

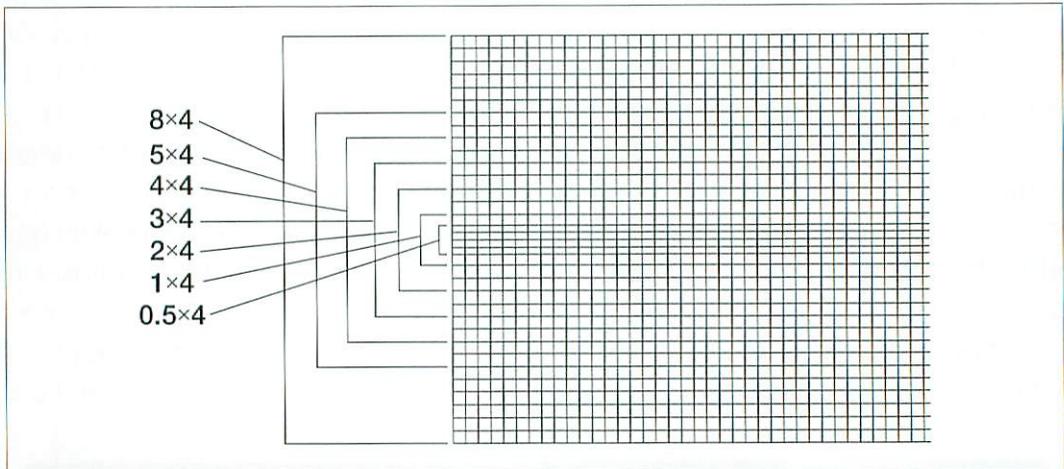


Fig.2 Examples of multislice detector system (Toshiba Aquilion)

An arbitrary slice thickness can be generated by collecting the data from DAS (data acquisition system).

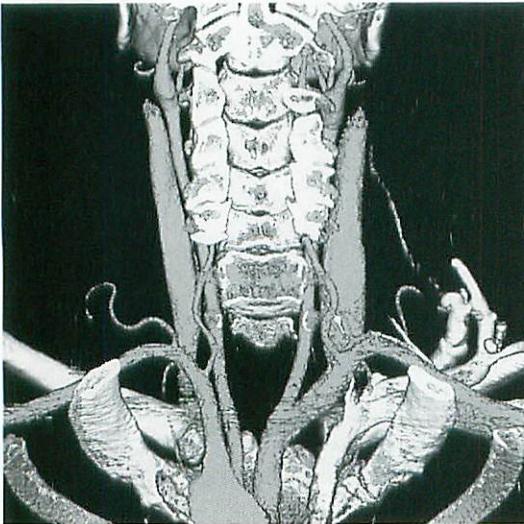


Fig.3 Wide-range, high-resolution scanning by multislice helical CT.

Bilateral carotid arteries were visualized from the origin (aortic arch) to the bifurcations with single breath-holding scan. Bilateral vertebral arteries, thyrocervical trunk, and other major branches were also well visualized. Scanning conditions: 0.5 s/rot. 1 mm slice \times 4, pitch: 3.5, 32-seconds, and 150mAs.

者スループット向上による予約待ち時間短縮も期待される。

2. 三次元画像診断

ヘリカルスキャンで可能となったアプリケーションの代表は、三次元データを用いた診断である。ヘリカルスキャンで得られるような、生体を「かたまり」として計測したデータのことをボリュームデータ (volumetric data) と呼ぶ。ボリュームデータを表示 (可視化) する方法としては、任意の断面を表示する多断面変換 (MPR, multiplanar reconstruction)、コンピュータグラフィックス (CG) の手法を用いた三次元表示、データを任意方向に投影する再投影画像 (積算画像—MIP法もこの一つ) がある。これらをひっくるめて広義の三次元画像と呼ばれることもあるが、より正確には volume visualization という言葉で表される^{7,8)}。いずれの画像表示法も、ヘリカルスキャンで実用化され、マルチスライスCTでさらに発展した。代表的なアプリケーションについては、以下に項を改めて記す。

1) MPR (多断面変換)

従来、MRIに比してのCTの欠点として、縦断像が得られないことが挙げられていた。ヘリカルスキャンにより、範囲は限られるが、MPRによる冠状断、矢状断が可能となった。マルチスライスCTでは、縦断像MPRは当たり前のものとなり、スキャン時間、分解能、スキャン範囲のいずれにおいても、むしろMRIを凌ぐようになった。いまやCTは、軸位断を基本とした診断法から、軸位断“も”撮れる画像診断法となった。とくに等方性ボクセルが得られる装置では、partial volume effectが無くなることにより、従来は確認困難だった微小構造の描出が可能となっている (Fig.4)。

2) 三次元画像診断

三次元構造である生体を三次元的に観察することは、画像診断の長年の夢であった。ここ20年の間に、CGの手法の応用により、CTで描出可能な病変・構造の三次元表示が容易に得られるようになった。構造の表面を三次元表示する

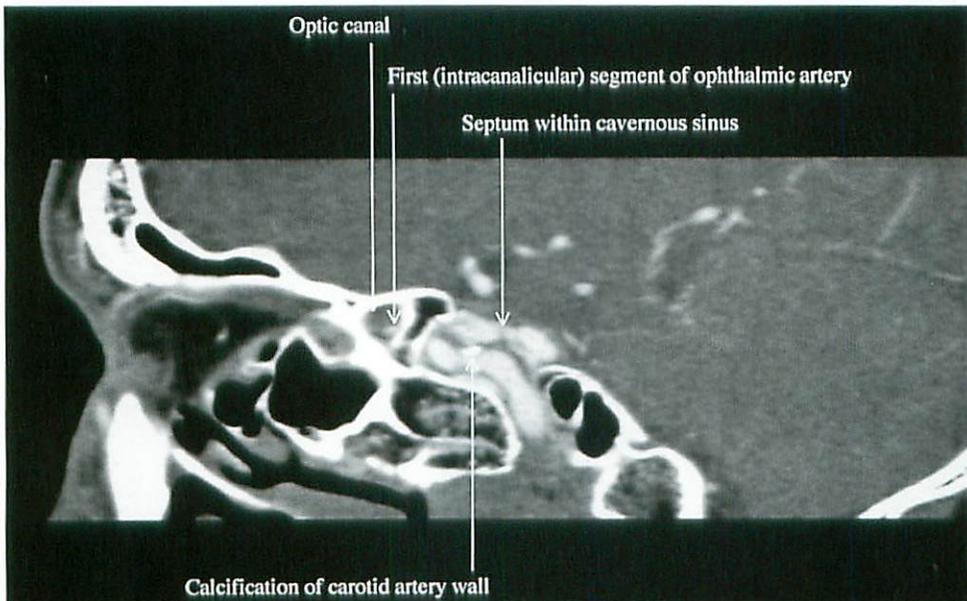


Fig.4 High-resolution sagittal image of cavernous sinus.

Isotropic volume data permits sagittal images to be obtained with spatial resolution compatible to that of axial images. Detailed anatomical structures which were difficult to delineate with conventional helical CT were clearly demonstrated. Scanning conditions: 0.5 s/rot. 0.5 mm slice \times 4, pitch: 3, 20-seconds, and 150mAs.

サーフェスレンダリング法(surface rendering)と、内部情報を保持し、ボクセルごとに不透明度が設定可能なボリュームレンダリング(volume rendering)法が代表的な手法で、目的により使い分けられるが、近年ではボリュームレンダリング法の応用が進みつつある^{9,10)}。

三次元表示が有用な場合は、CT値差が十分ある構造・病変の表示である。頭蓋骨をはじめとする骨病変は、三次元画像診断の良い適応である。とくに、頭蓋骨早期癒合症をはじめとする各種頭蓋奇形の術前診断、手術計画、術後評価への応用は、多くの施設でルーチン検査の一部になっている(Fig.5)。

3) 3D-CTA

造影剤注入により血管のコントラストを増強することにより、血管の三次元表示を行う三次元CTアンギオグラフィ(3D-CTA)は、頭蓋内・外の血管構造の非侵襲的三次元的形評価法としてその有用性が確立されている。とくに脳動脈瘤の診断と術前評価における有用性は既に確立されたと言ってよい。そのほか、脳動静脈奇形(Fig.6)や虚血性脳血管障害の診断、脳腫瘍の術前評価への応用が報告されている。小児特有の疾患としては、「もやもや病」の診断にも有用である(Fig.7)。

3D-CTAの撮影に当たっては、造影剤注入後

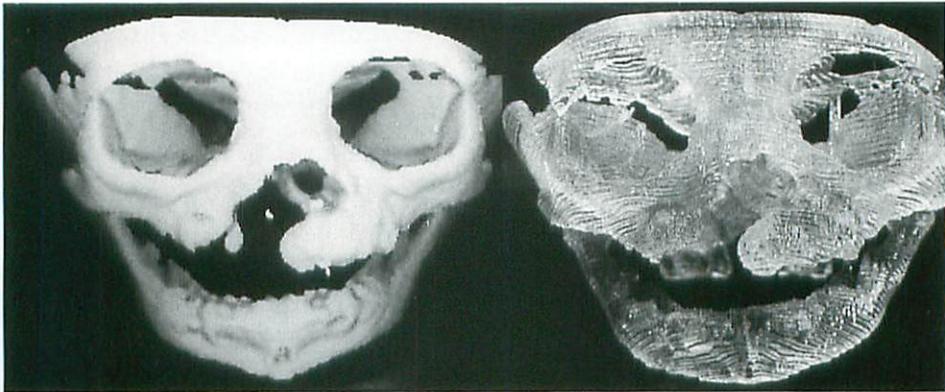


Fig.5 Three-dimensional CT of cleft palate (left) and plastic model (left).

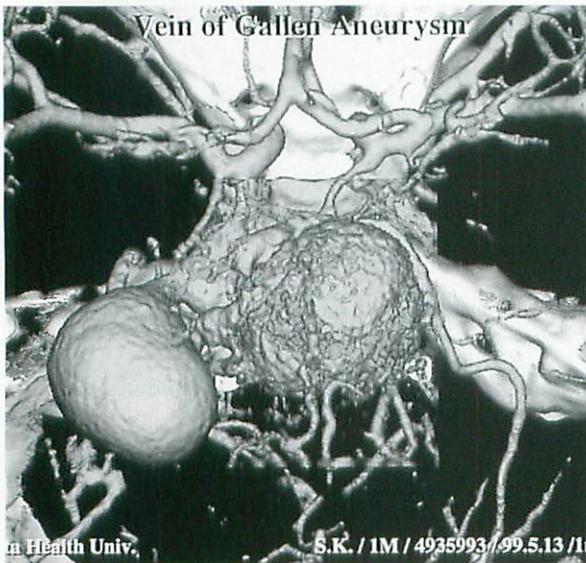


Fig.6 Three-dimensional CT angiography of aneurysmal dilatation of vein of Galen.

適切なタイミングでのスキャンが重要である。最適タイミング決定には、リアルタイムCTによる造影効果確認が有用である(リアルプレップ)¹¹⁾。これにより造影剤量を必要最低限に留めるほか、静脈の重なりをも最小限にすることができる。

3D-CTAの問題点としては、循環動態についての情報が殆ど得られないことが挙げられる。例えば、虚血性疾患では血流速度、脳動静脈奇形では動静脈短絡や静脈逆流についての情報は得られない。また、0.5mmマルチスライスCTをもってしても、1mm以下の穿通枝の描出は容易ではない。これらの目的では、今後もしばらくは血管造影が必要である。

4) 再投影画像(積算画像, ray-sum image)

ボリュームデータを観察したい方向に再投影(積算表示)することにより、再投影画像が得られる。この際、特定の条件に当てはまるデータのみを投影することもできる。最大輝度投影法(MIP, maximum intensity projection)はその代表例で、MRアンギオグラフィ(MRA)の表示法として発達したが、3D-CTAにおいても応用可能である。三次元表示に比し、石灰化の描出能が優れている。

等方性ボリュームデータを任意方向に積算すると、従来の単純X線撮影像に近似した像を作

製することができる(Fig.8)。本法は、空間分解能こそ劣るが、1) 歪み・拡大がない、2) 任意範囲のデータの選択的投影により、不要部分の重なりを排除できる(Fig.8)、3) 再撮影なしで任意方向の投影像が得られる、4) 特定の吸収値範囲のみを投影可能(MIPなど)、5) 同一データから断層像、三次元像を作製可能、6) 軟部組織の情報が同時に得られるなどの多くの利点を有している。単純X線撮影が煩雑な部位などでは、X線撮影に取って代わる可能性がある。



Fig.7 Three-dimensional CT angiography of Moyamoya disease.



Fig.8 Ray-sum image of atlanto-axial joint generated from isotropic volume data.

Selective data projection permits to generate the image of atlanto-axial joint without the superimposition of unnecessary parts. Scanning conditions: 0.5 s/rot. 0.5mm slice \times 4, pitch: 3, 60-seconds, and 150mAs.

3. ダイナミックCT

同一部位でのダイナミックスキャンにより、脳循環動態を評価することができる。とくにマルチスライスCTでは、同時に4断面の評価が可能のため、今後虚血性脳疾患の診断への応用が進むと思われる(Fig.9)。同様に、脳血流量の評価目的で、マルチスライスXeCTが用いられる可能性もある。

小児CT診断の適応

CT診断技術は、現在、マルチスライスCTの導入により大きな変革期にある。その進歩は今後数年の間は急速に加速されていくと考えられている¹²⁾。近い将来、頭部全体の高分解能ボリュームデータが一瞬で取得可能となることも決して夢ではない。しかしその場合でも、CTで得られる情報は、X線の吸収係数であり、物質の密度にほぼ相関するというデータの本質を忘れるべきではない。ヘリカルスキャンCT、マルチスライスCTは、X線吸収係数の三次元

的分布をもたらす。一方で、X線吸収係数の差が無い場合には、その構造・病変の検出はできない。しかし、X線吸収係数の差がある場合には、その空間分解能の高さ、歪みのなさ、検査時間の短さなどは、MRIのそれを遙かに凌いでいる。これはヘリカルスキャンでも、マルチスライスCTでも同様である。検査法の選択においては、これらの特性を考慮する必要がある^{13,14)}。

CTはX線を使用するため、X線被曝についての正しい評価が必要となる。とくにマルチスライスCTでは、システムによっては従来より被曝線量が低下するものがあるが、一方で増加している機種も存在し、一概には言えない。自らの使用する装置の被曝線量を把握しておくことが重要である。

*本研究の一部は、平成11年度厚生省科学研究費補助金(がん克服戦略研究事業 森山班)の援助を受けた。

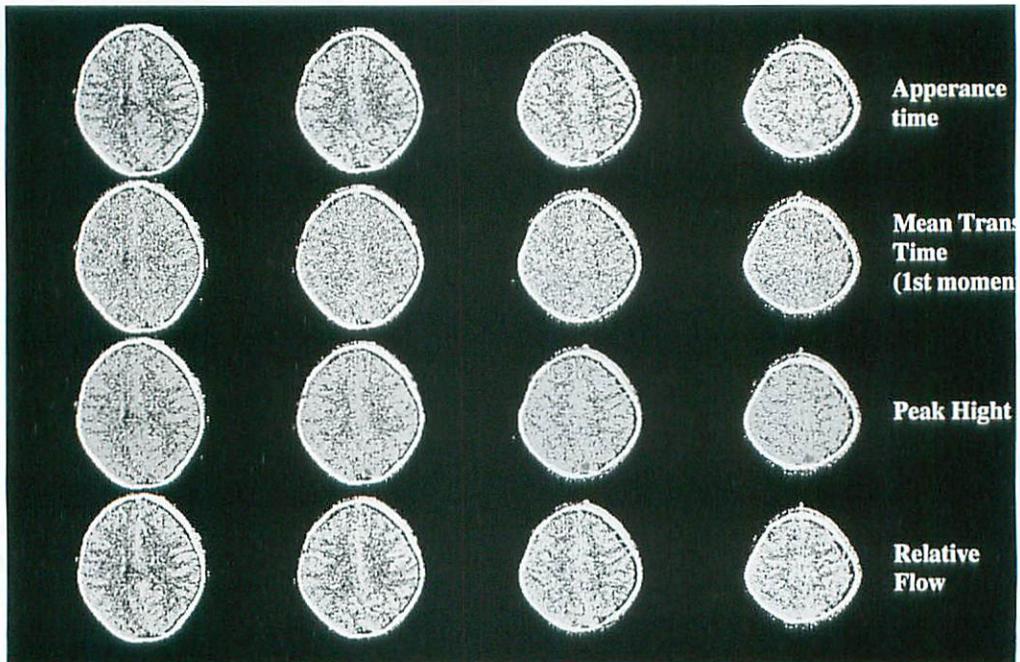


Fig.9 Functional map generated from the data of multislice dynamic CT.

Four slices can simultaneously be evaluated with the injection of minimum amount of contrast medium (30 ml).

●文献

- 1) 片田和廣：講座画像診断，ヘリカルCTシリーズ(1)，原理と歴史，Respiration Research 1997；16：1025-1033.
- 2) 田口克行，齋藤泰男：マルチスライスCT (Multi-slice CT)，日本放射線技術学会雑誌 1999；55：155-164.
- 3) 片田和廣：ハーフセコンド・ハーフミリメートル・リアルタイム・マルチロウヘリカルCT-AquilionによるCT診断，メディカルレビュー 1999；72：62-70.
- 4) 門田正貴，山下康行，高橋睦正：Multi-row detector CTの活用，映像情報(M) 1999；31：1117-1126.
- 5) 小林成司，白神伸之，平松京一：複数検出器列CTを用いたダイナミックスタディ，映像情報(M) 1999；31：1146-1153.
- 6) 赤羽正章：マルチスライスCTの画像診断，可能性と将来展望を含めて，新医療 1999；293：53-56.
- 7) Kaufman A.：Volume visualization. IEEE Computer Society Press Tutorial 1991.
- 8) 周藤安造：X線CTを中心としたボリューム・ビジュアライゼーションの現状，新医療 1993；20：71-77.
- 9) 鈴木直樹：三次元像構築手法の原理と表示法，映像情報(M) 1990；22：616-622.
- 10) 片田和廣：中枢神経系の画像診断，新しい検査法，三次元表示，最新医学 1994；49：107-118.
- 11) 安野泰史，片田和廣，加藤良一，他：リアルタイム再構成技術を用いた造影ヘリカルCTの時相コントロールリアルプレップ法の開発，メディカルレビュー 1996；20：33-40.
- 12) 片田和廣：マルチスライスCTの現状と近未来ー理想のX線CTの実現に向けて，新医療 1999；298：46-52.
- 13) 御供政紀，森本耕治，宮田叔明：画像診断のモダリティー適応と限界，CT，medicina 1994；31：1606-1607.
- 14) 片田和廣：画像診断のモダリティー適応と限界，MR，medicina 1994；31：1608-1610.