

画像診断で常に問題となるのがアーチファクトである。特にCTでは、スキャン(データ収集)と画像再構成が分離されており、それぞれがアーチファクト発生の原因を持っている。最近ではヘリカルスキャンやマルチスライスCT特有のアーチファクトも問題となっている。今回、CT装置におけるアーチファクトの発生原因とその対策について述べる。

### 1. アーチファクトの定義

日本放射線技術学会用語集によれば、アーチファクトは「画像に現れる人体情報以外の二次元的障害陰影、被写体の動き、装置のガタなどによって発生する擬似画像」となっている。簡単にいえば「本来は人体の情報のみが画像化されればよいものを、余分な偽画像、障害陰影が画像に入っている」ということである。X線発見の時代からわれわれはアーチファクトと戦ってきたといっても過言ではない。「アーチファクトのない画像」。それこそがわれわれの求める最良の画像といえる。

### 2. CTにおけるアーチファクトの分類

ここでは、第三世代CT装置のアーチファクトについて述べる。CTにおけるアーチファクトを分類すれば、装置の故障によるアーチファクト、スキャン状況によるアーチファクト、ヘリカルスキャンやマルチスライスCTにおけるアーチファクト、三次元表示におけるアーチファクトなどに分けられる。

### 3. 装置の故障によるアーチファクトとサイノグラム

本来、CT装置は十分に保守管理されていることが望ましい。しかし、機械であるからには故障もする。装置の故障によるアーチファクトにはリング状アーチファクト、ストリーク状アーチファクト、シャワー状アーチファクトのほか、画像再構成系に起因するものなどがある。これらはアーチファクトの種類、形状から発生源を特定することが可能である。これらのアーチファクトでは、早期の発見、適切な対処がデッドタ

イム(検査不能時間)の短縮につながる。

故障箇所の判定に有効なものにサイノグラムがある。サイノグラムとはスキャン時に収集された各投影位置における検出器からの出力データを示したものである。各投影位置をプロジェクション(projection)、検出器からの出力データをチャンネル(channel)と呼ぶ。一般に、Y軸がプロジェクション、X軸がチャンネルとなっている。X線管と検出器が回転するCT装置ではプロジェクションを時系列と考えてもよい。

サイノグラムとは、検出器から出力されるデータをそのまま並べたものといえる。結果的にアーチファクトが発生した場合、サイノグラムを見れば異常データの混入した投影位置やチャンネル位置を特定できるのである。

#### 3-1 ストリーク状アーチファクト

Fig. 1にストリーク状アーチファクトの例を示す。これは特定のプロジェクションで特定チャンネルからのデータが出力されなかったことによる。サイノグラムでは点状の混入データが認められる。この場合、検出系の故障ではあるが、常にデータが出力されないということではない。データ収集部の回路動作不良、接触不良等が疑われる。

#### 3-2 リング状アーチファクト

Fig. 2にリング状アーチファクトの例を示す。これは、全プロジェクションにおいて特定チャンネルからデータが出力されなかったことによる。一つのプロジェクションだけならば前述のストリーク状アーチファクトとなるものが、全プロジェクションでデータが出力されなかったために、ストリーク状アーチファクトの集合となり、ストリーク状アーチファクトの重なった部分のみが強調されて円弧(リング)が見られるのである。この場合、サイノグラムでは特定のチャンネルでY軸に平行な線が見られる。サイノグラム上でチャンネル番号を特定できる。この場合、特定チャンネルの検出器が不良である。応急措置として、該当する検出

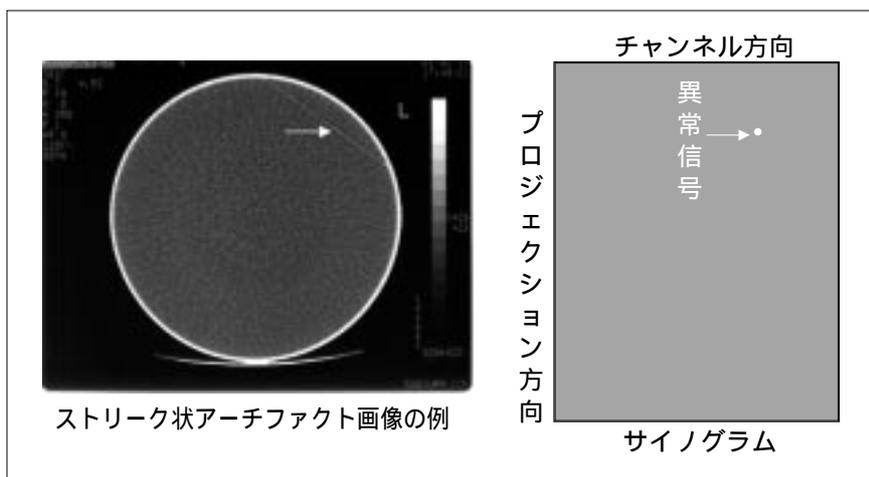


Fig. 1 ストリーク状アーチファクト  
特定のプロジェクションで特定チャンネルからのデータが出力されなかったことによる。サイノグラムでは点状の混入データが見られる。

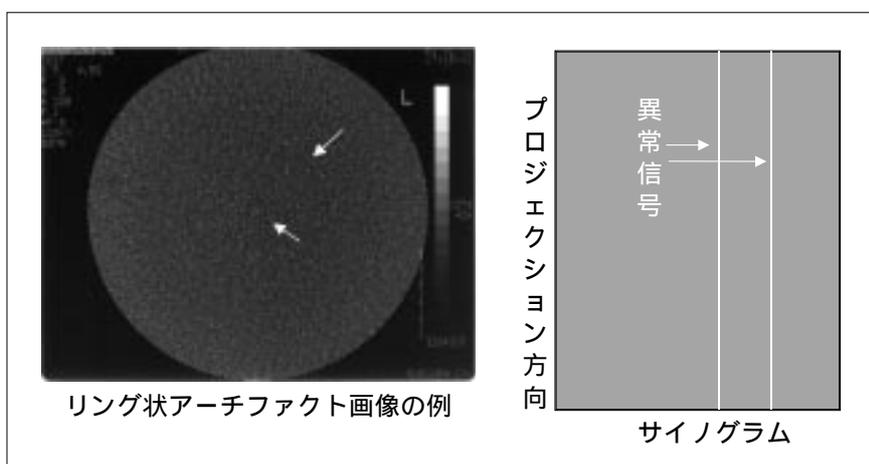


Fig. 2 リングアーチファクト  
全プロジェクションにおいて特定チャンネルからデータが出力されなかったことによる。サイノグラムでは特定のチャンネルでY軸に平行な線が見られる

器を一番外側へ移動する方法もある。

### 3-3 シャワー状アーチファクト

Fig. 3にシャワー状アーチファクトの例を示す。これは、特定のプロジェクションで全チャンネルからの出力データが出力されなかったことによる。サイノグラムでは特定のプロジェクションでX軸に平行な線が見られる。この場合、検出系の故障を疑うよりはX線系の故障を疑うほうが一般的である。X線管の微小放電、X線管の耐圧不良が疑われる。

### 3-4 画像再構成系に起因するアーチファクト

CT装置では画像再構成や画像表示に於いてもアーチファクトが発生する。これらはコンピュータのハードウェア、ソフトウェアの故障によるものである。日

常では、サイノグラムにより投影データの異常発見に努め、そこで原因不明なら画像再構成、画像表示系を疑うことになる。コンピュータ部の発熱にも気を付けるべきであろう。

### 3-5 キャリブレーションデータの不良によるアーチファクト

キャリブレーションが正しく行われないと当然のようにアーチファクトは発生する。水ファントムによるキャリブレーションではファントムを正確に指定位置に設置する必要がある。また、キャリブレーションデータはなるべく頻繁に収集し、CT値の変化を抑えるべきであろう。

日常での「うっかり」もアーチファクト発生の原因となる。Fig. 4はエアークャリブレーション時に患者寝

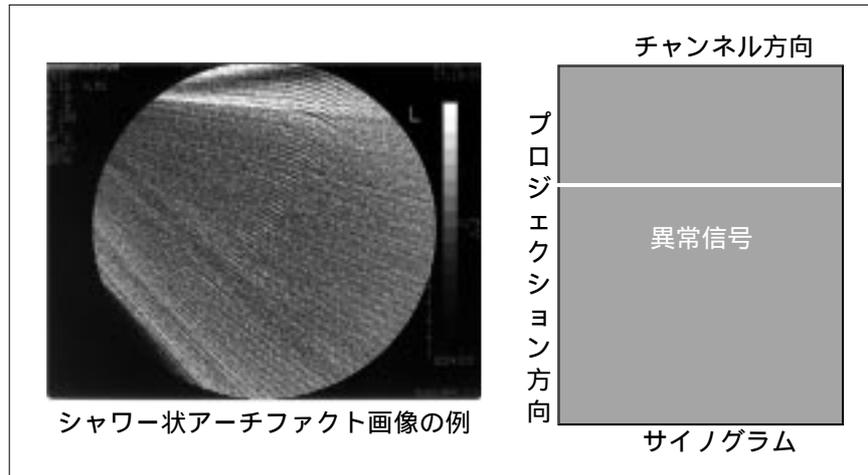


Fig. 3 シャワー状アーチファクト  
特定のプロジェクションで全チャンネルからの出力データが出力されなかったことによる。サイノグラムでは特定のプロジェクションでX軸に平行な線が見られる。

台をスキャンエリアに入れたままで行ってしまった場合の画像である。すべての画像に患者寝台の影が現われる。

#### 4. スキャン状況によるアーチファクト

次は、スキャン状況によるアーチファクトである。CT装置が故障でない場合であってもいろいろなアーチファクトが出現する。

##### 4-1 モーションアーチファクト

スキャン中の被写体の動きに起因するアーチファクトである。最善の対策は患者さんの協力であるが、困難な場合も多い。体動だけでなく、呼吸運動や心拍運動にも注意すべきである。短時間スキャンが重要であり、360度以下の投影データによる画像再構成(ハーフスキャン)が有効な場合もある。最近では最速0.4秒/回転の装置も開発されてきた。しかし、そのような装置であっても、心拍運動の速度には不十分であり、その対策として心拍同期スキャン、心拍同期再構成などの技術も開発されている(これらについては次回以降に述べる)。

##### 4-2 シェーディングアーチファクト

Fig. 5に小児頭部のCT画像を示す。頭蓋内側縁に高吸収のアーチファクトが見られる。これはX線のビームハードニング効果(線質硬化現象)によるものである。成人に対してはビームハードニングの補正が行われるが、小児では補正が十分でなく注意が必要である。

##### 4-3 パーシャルボリューム効果によるアーチファクト

スライス厚が厚くなると焦点側と検出器側でX線の

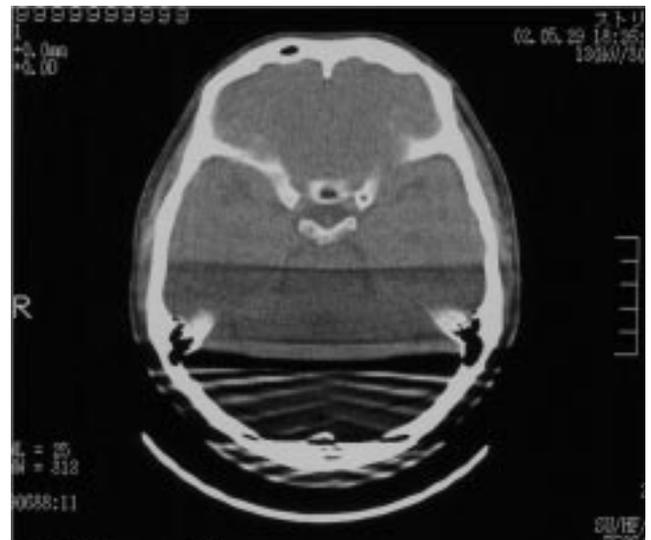


Fig. 4 キャリブレーションデータの不良によるアーチファクト  
エアーカーリブレーション時に患者寝台をスキャンエリアに入れたままで行ってしまった場合

ビーム厚が異なり、均等な厚さでの投影データ収集が行われない。これが1回転した場合、目的のスライスの正確な形状を再現できなくなる。Fig. 6は「クリッピング」と呼ばれる現象である。X線管が右にあるとき、骨片のデータは収集しているが、X線管が左にあるとき、骨片のデータは収集されていない。このような投影データを用いて画像再構成が行われたとき、正確な骨片の形状は再現できない。この現象の代表的なものが、頭蓋底に発生する「ハンスフィールドのダークバンド」と呼ばれるものである。実際にはビームハードニング効果とパーシャルボリューム効果により発生する。この対策としてスタックスキャンがある。焦点側と検出器側でビーム厚に差が出ないように薄ス

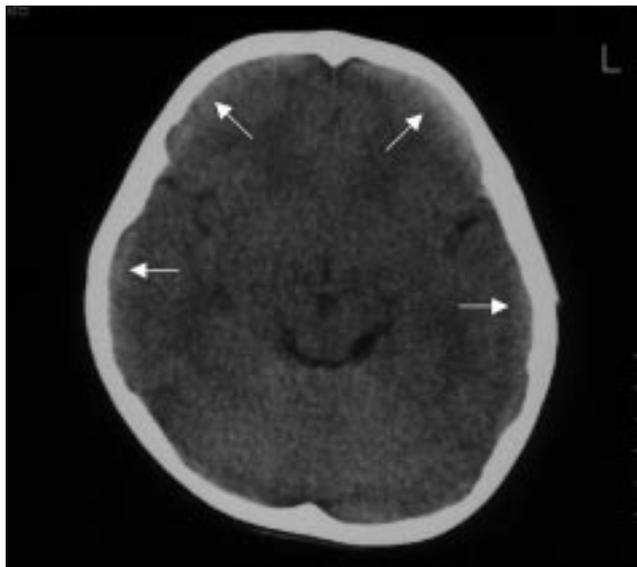


Fig. 5 シェーディングアーチファクト  
小児頭部のCT画像．頭蓋内側縁に高吸収のアーチファクトが見られる．

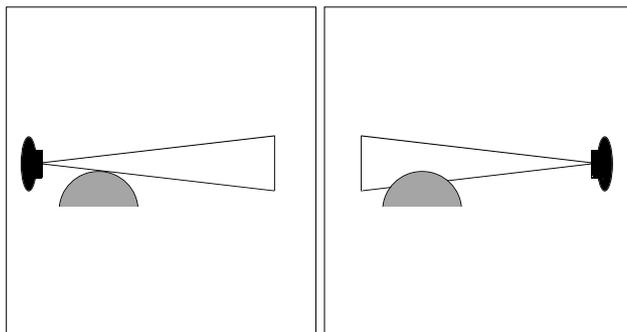


Fig. 6 クリッピング  
スライス厚が厚くなると均等な厚さでの投影データ収集が行われない．

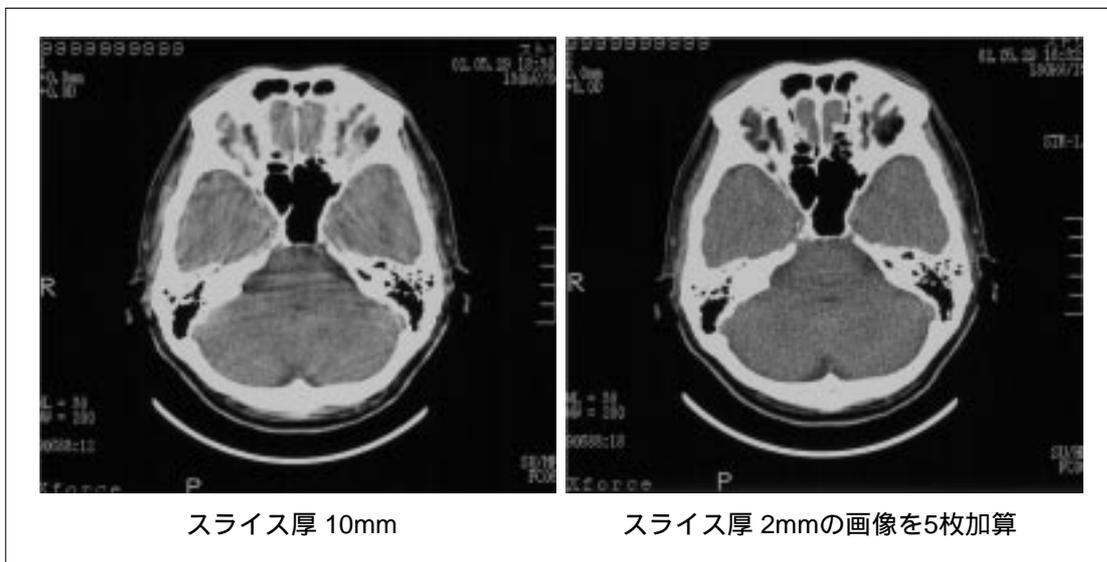


Fig. 7 ハンスフィールドのダークバンド  
頭蓋底に発生するアーチファクトで、ビームハードニングとパーシャルボリューム効果による．薄いスライス厚でスキャンした画像を重ね合わせるによりアーチファクトの発生を低減させることができる．

ライス厚でスキャン，画像再構成を行い，得られた画像を加算するという方法である．Fig. 7に10mmスライスの画像と2mmスライスを5枚加算した画像を示す．

#### 4-4 メタルアーチファクト

金属等の高吸収物質が存在した場合に発生するアーチファクトである．その部分を通じたX線に対する検出器信号が極端に減少し，画像再構成が正確に行われないことによる．ボタン，ボックスなどの衣類についているものなら外せばよいのだが，人工骨頭などの場合は問題となる．ソフト的にメタルアーチファクトを

除去する方法が開発されている．

#### 4-5 液面アーチファクト

ガストログラフィン等の希釈水を経口投与して腹部のスキャンする場合，その液面から側方にアーチファクトが出現し，肝臓内の診断の妨げになることがある．これは液面方向でX線吸収に大きな差があるためで，ガストログラフィンの濃度を下げることにより低減できる．最近のCT装置ではガストログラフィンの代わりに水を用いても十分に胃壁を認識できる．その他の対策として，患者の体位を変化させるという方法もある．

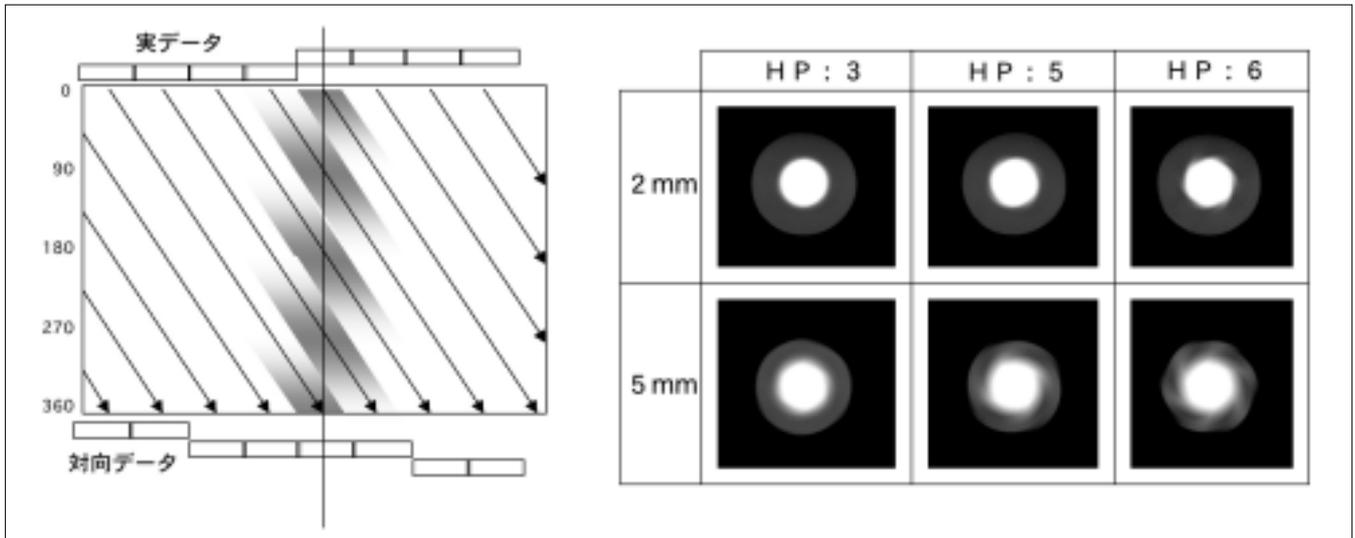


Fig. 8 4DAS, ヘリカルスキャンにおけるアーチファクトの発生

展開図にスライス厚と重み付け係数を濃淡表示することにより風車状アーチファクトの発生を理解することができる。

- (a) 展開図によるヘリカルアーチファクトのシミュレーション：ヘリカルピッチ 4  
(b) スライス厚，ヘリカルピッチの変化と風車状アーチファクト

a | b

## 5. ヘリカルスキャンにおけるアーチファクト

ヘリカルスキャンでは風車状のアーチファクトが知られている。これはヘリカルスキャンにおける補間計算によるもので、ヘリカルピッチに依存する。Fig. 8に4DASのマルチスライスCTにおける展開図と球体をスキャンしたときのCT画像を示す。ここでは従来の展開図にスライス厚と画像補間における重み付けを濃淡で表している。ヘリカルピッチ4では4本のアーチファクトが発生することがわかる。同様にヘリカルピッチ3では6本、ヘリカルピッチ6でも6本のアーチファクトが発生することがわかる。

## 6. マルチスライスCTのコーン角によるアーチファクト

最近では8DAS, 16DASというコーン角の広いマルチスライスCTが開発されている。このようなCTの場合、Fig. 9のように端のほうのスライスではX線ビームが平面状ではなく、歪んだものとなる。このようなX線ビームでの投影データを用いて従来のような画像再構成を行った場合、アーチファクトが発生する。この対策として、新しい画像再構成法が提案されている。前回のマルチスライスCTの項で述べたASSR法、Feldkamp法である。Fig. 10に従来の画像再構成Feldkamp法による画像再構成の結果を示す。

## 7. 三次元表示におけるアーチファクト

最近ではCTの三次元表示も臨床に多く利用されている。三次元画像に出現するアーチファクトの代表的

なものが「きしめん効果」と「ステアステップアーチファクト」である。

### 7-1 きしめん効果

肺血管などの三次元表示を行った場合、もとのCT画像のスライス厚が厚い場合、体軸方向に厚さを持った三次元画像が現われる(Fig. 11)。これはパーシャルボリューム効果によるもので、なるべく薄いスライス厚の画像を用いた三次元画像作成が必要となる。

### 7-2 ステアステップアーチファクト

頭頂部などの球状の被写体で三次元表示を行った場合、特徴的なものがステアステップアーチファクト(階段状アーチファクト)である。これにはエリアシングアーチファクトとローテーションアーチファクトがある(Fig. 12)。エリアシングアーチファクトは画像再構成間隔が広い場合、等高線状に現われるもので、画像再構成間隔を狭くすることにより低減することができる。ローテーションアーチファクトはヘリカルスキャン時の風車状アーチファクトによるもので、登山道のように渦巻状に現われる。ローテーションアーチファクトを低減させるためにはヘリカルピッチを小さくする必要がある。

## 8. アーチファクトとの付き合い方

CTにおけるアーチファクトの研究も多くなされてきて、その低減策も多く報告されている。しかし、いつになってもなくならないのがアーチファクトであ

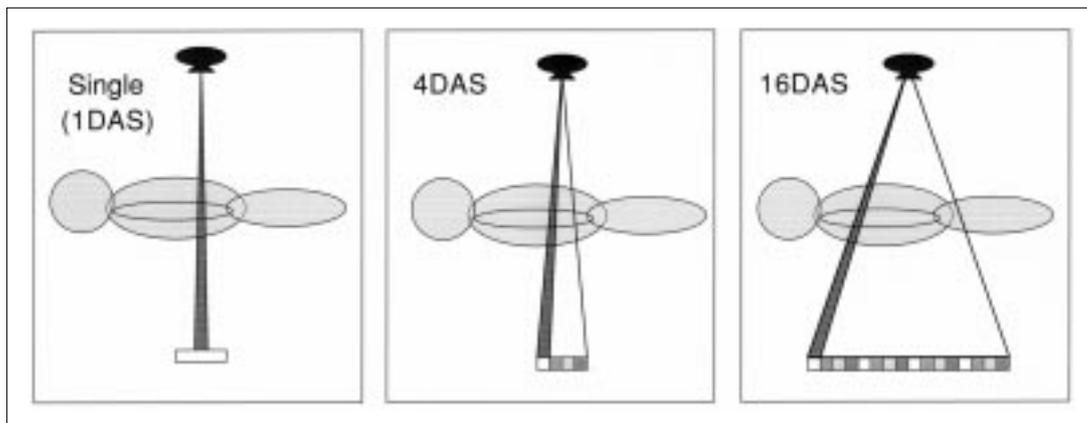


Fig. 9 マルチスライスCTのコーン角による影響  
コーン角の広いマルチスライスCTでは端のほうのスライスではX線ビームが平面状ではなく、歪んだものとなる。

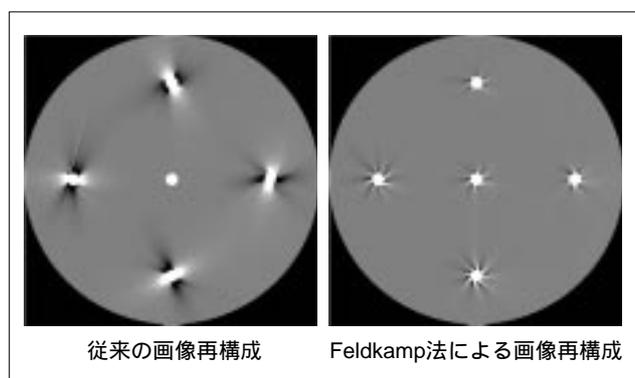


Fig. 10 Feldkamp法によるアーチファクト低減効果  
Feldkamp法により従来の画像再構成に比べアーチファクトは低減する。

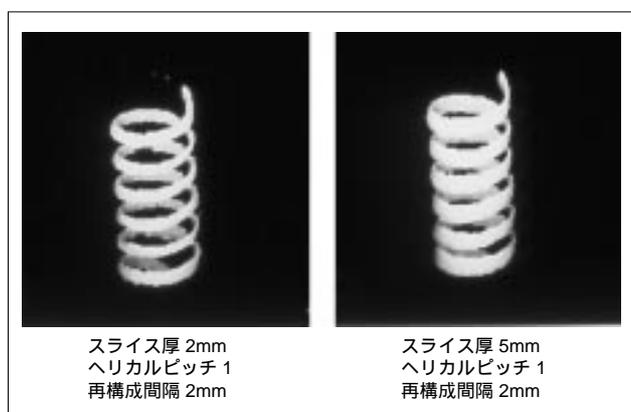


Fig. 11 三次元表示における「きしめん効果」  
CT画像のスライス厚が厚い場合、体軸方向に厚さを持った三次元画像が現われる。



Fig. 12 ステアステップアーチファクト  
エリアシングアーチファクトは画像再構成間隔が広いと顕著になり、ローテーションアーチファクトはヘリカルピッチが大きいと顕著になる。

る。現状では、アーチファクトと上手に付き合うことも必要ではないだろうか。

#### 8-1 これはアーチファクトですか？

臨床でよく医師に聞かれるのがこの言葉である。これがアーチファクトであるかないか。診断には重要な

情報である。ビームハードニングによるCT値の変化、ヘリカルスキャンによる風車状アーチファクト等々、スキャンの状況を考え、アーチファクトである可能性について情報を提供すべきであろう。

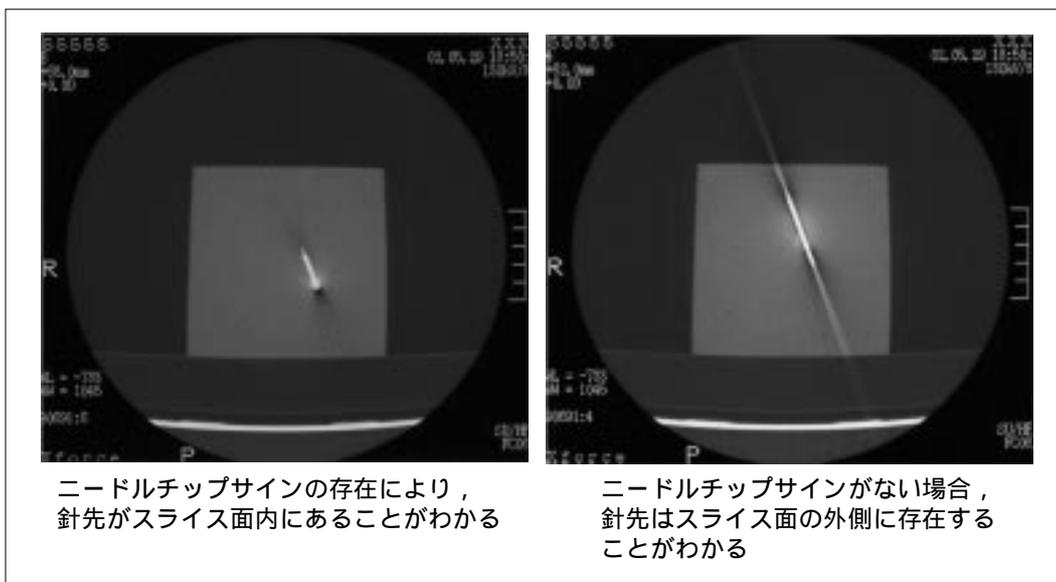


Fig. 13 ニードルチップサイン  
CTバイオプシーでは針先の確認にニードルチップサインが利用される。

## 8-2 役に立つアーチファクト

これまで「アーチファクトは悪いもの」ということで話を進めてきた。では、たとえば超音波検査におけるコメントサイン、あのような診断の役に立つアーチファクトはないのだろうか。CTバイオプシーにおける「ニードルチップサイン」がある。Fig. 13にその画像を示す。CT透視を行う場合、針先を認識することは重要なことである。針先が確実にスライス内にある場合、その先端は急峻なCT値の変化が出現する。針先がスライス面の外にある場合、急峻なCT値の変化は出現しない。針先が確実にスライス面内に存在することを証明してくれるのがニードルチップサインである。

## 9. まとめ

今回、CTにおけるアーチファクトについて述べてきた。しかし、アーチファクトの発生は複雑で、まだまだ研究を進める必要がある。とくに、アーチファクトの評価法についてはこれからの課題である。多くの研究者がアーチファクトとの戦いに参加することを願っている。

次回「X線CT装置の機器工学(6)-最先端のCT技術-」

## 参考文献

- 1) 辻岡勝美：CT自由自在。メジカルビュー社、(2001)。
- 2) 片田和廣：MDCT徹底攻略マニュアル。メジカルビュー社、(2002)。
- 3) 総合医用画像技術研究会編：画像診断マニュアル(アーチファクトの原因と対策)。三輪書店、(1991)
- 4) 森一生，鈴木達郎：アドバンストマルチスライスCT Aquilionの開発。メディカルレビュー，Vol.25，No4，(2001)