

— 技術レポート —

X線CTによる三次元再構成画像

工藤 泰, 岩城 賢郎, 高橋 秀治
大内 直樹, 小野寺 敏彦
石井 清*, 木下 俊文*

はじめに

当院で最初の X 線 CT (CT-8800) が稼働をはじめてから、この十数年間の性能の向上はめざましい。当時 1 スライス 11.5 秒だったスキャン時間が、最新の装置では 1~2 秒と 1/10 になっており、検査時間の短縮だけでなく特に胸腹部の検査では臓器の動きによる影響をうけにくく高精度の撮影ができるようになった。また最近では、薄い断層像を積み重ねて三次元的な画像を再構築する手法も試みられており、当院でも 1993 年 10 月に設置された ProSeed Accell を使用して試行を重ねている。今回、一般には血管の描出に用いられている MIP と呼ばれる手法で骨折所見のある画像の再構築を試みたところ有用と思われる画像が得られた。これらの症例と CT 血管造影の経験を報告する。

使用機器

- 1: X 線 CT
ProSeed Accell
GE 横河メディカルシステム株式会社
- 2: レーザー・イメージャー
Li-10A
コニカ株式会社

方法

1. 撮影 (スキャン)

三次元再構成画像は、従来の横断像の再構築して得られるが、細部まで鮮明に描出するためにで

きるだけ薄い断面で撮影する必要がある。しかし実際には撮影装置の容量と検査時間に限界があり、撮影枚数をむやみに増やすわけにはいかず、必要な範囲を 33 枚以内で撮影できるような厚さで撮影している。さらに従来の撮影方法では、X 線管球と検出器が被写体の周囲を 1 回転する度にテーブルの移動、停止を繰り返して撮影していたが、テーブルを一定速度で移動させながららせん状に撮影することで、短時間に多くの枚数を撮影できる。この方法は血管造影にも有効で、造影剤を急速に注入し血中濃度の最も高くなる時間をねらって一気に撮影することができる。実際には濃度 300~320 mgI/ml の造影剤 100 ml を毎秒 3 ml で注入し、注入開始から 30~40 秒後に撮影する。撮影条件を表 1 に示す。

2. 画像の計算 (画像再構成)

従来の撮影方法では一回のスキャンについて 1 枚の画像を得ていたが、らせん状にスキャンする撮影方法では隣り合った画像を補間して実際に撮影した画像よりも細かい間隔で撮影したような画像を得ることができる。例えば側頭骨では 1 mm

表 1. 三次元再構成画像の撮影条件

撮影部位	スライス厚	スキャン時間	X線管電圧	X線管電流
頭蓋	5 mm	1 秒	120 KV	160~ 200 mA
顔面	3 mm			
鼻骨	1 mm			
側頭骨	1 mm			
胸腹部 (大動脈)	10 mm			
腹部血管	5 mm			

仙台市立病院中央放射線室

* 同 放射線科

間隔で十数枚を撮影しているが、これを補間して0.1 mm 間隔で百数十枚の画像を得ている。

3. 三次元画像の再構築

当院の装置では『surface rendering (3D)』と『maximum intensity projection (MIP)』の2種類のアルゴリズムによる再構築がおこなえる。前者は主に被写体表面の形状を描出するために用いられ、図1のような顔面骨の画像再構築などに利用される。後者はもともとMRアンギオグラフィに使用されるアルゴリズムでX線写真に類似した画像が得られ、主に血管を描出するのに利用される。

4. 画像の表示・観察

三次元画像の表示方法を工夫することで被写体の『奥行き』を詳しく観察できる。わずかに視点(角度)を変えた画像を2枚作成して立体視する方法と、CRTなどに数枚~数十枚の動画像として表示させ観察する手法がある。

結 果

1. 顔面骨の三次元再構成画像

図1: 厚さ5 mm, 1 mm 間隔で再構成した画像約130枚から再構築した顔面骨の3D画像。右眼窩の下に骨折線が見られる。

図2: 厚さ3 mm, 0.5 mm 間隔で再構成した画像約130枚から再構築した顔面骨のMIP画像。横断像で右眼窩の上に骨折線が見られた。3D画像

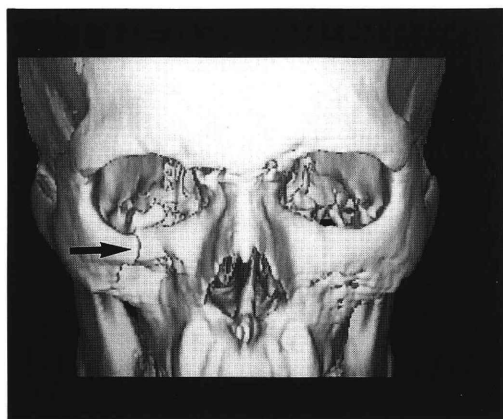


図1.

では描出できなかったが、MIP画像では良好に描出できた。

図3: 厚さ1 mm, 0.1 mm 間隔で再構成した画像約130枚から再構築した鼻骨と副鼻腔の画像。(a) 横断像で鼻骨の骨折線と全体の偏位がわかる。(b) 3D画像では鼻骨全体の偏位の状態が確認できるが、軟骨の柔らかさや薄さは表現できない。(c) 鼻骨正面のMIP画像, は頭部単純X線写真の正面像によく似た画像が得られるが、画像を構築する範囲を鼻骨周辺に限定しているのにより鮮明な画像が得られる。(d) 側面のMIP画像も単純X線写真に近い。(e) 軸位のMIP画像。この方向のX線写真では下顎や頭蓋底部の陰影が重なり鼻腔内を鮮明に描出するのは困難だが、MIP画像は鼻腔周辺だけの横断像を使用して再構築しているので鮮明に描出されている。また、鼻骨の骨片も観察できる。

2. 側頭骨の三次元再構成画像

図4: 厚さ1 mm, 0.1 mm 間隔で再構成した画像約130枚から再構築した中耳の3D画像。正常例では耳小骨の一部まで描出も可能。(M: ツチ骨 I: キヌタ骨)しかし所見例では漏出液による中耳の軟部陰影が障害となって細部までの描出は困難なことが多い。

図5: 厚さ1 mm, 0.1 mm 間隔で再構成した画像約200枚から再構築した側頭骨の3D画像。(a) 横断像で、側頭骨外側から鼓室に至る骨折が

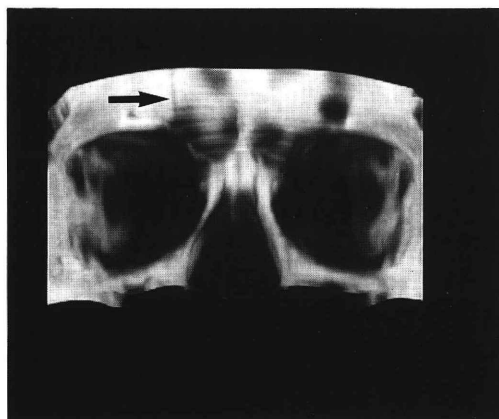
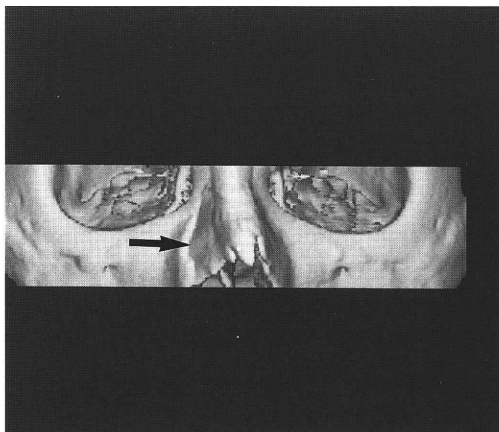


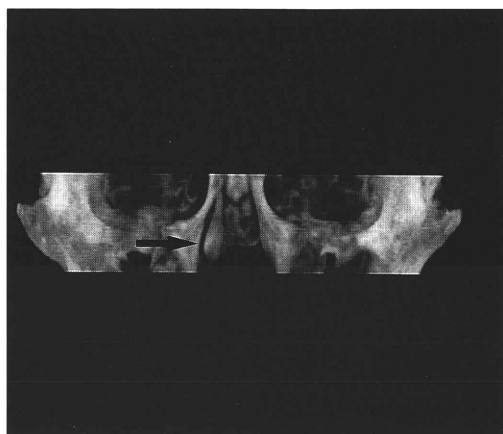
図2.



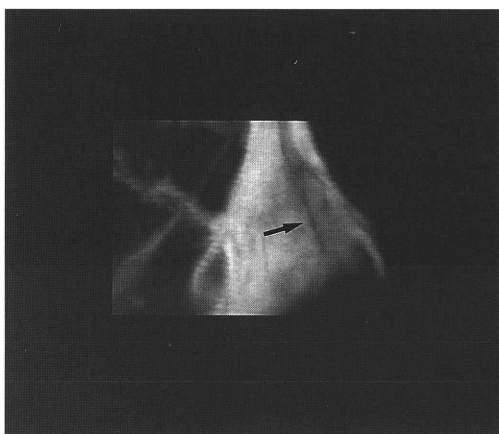
a



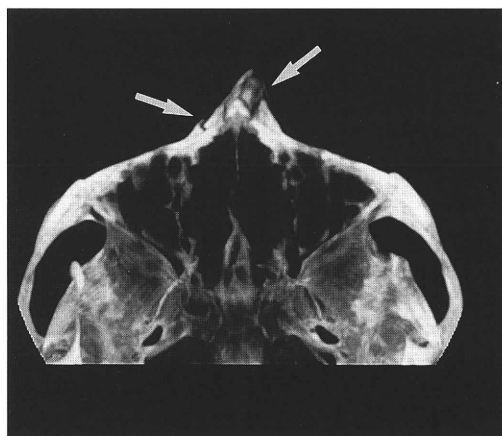
b



c



d



e

图 3.

観察できる。(b) MIP 画像では骨折線がはっきり描出される。

3. 体幹部の三次元再構成画像

図6: 厚さ 5 mm, 1 mm 間隔で再構成した画像約 150 枚から再構築した心臓の 3D 画像。左房に巨大な血栓のある心臓の心室部分を消し去り心房を頭側からのぞき込むように構築した。心房中隔など心臓の主な構造が描出されている。

図7: 厚さ 5 mm, 1 mm 間隔で再構成した画像約 150 枚から再構築した腹部血管の MIP 画像。大動脈と腎臓, その周辺の血管が描出されている。

3D 画像では描出できない大動脈の石灰化も描出されている。(交差法で立体視できるように 2 枚組にしてある。)

図8: 厚さ 5 mm, 1 mm 間隔で再構成した画像約 150 枚から再構築した大腿部の 3D 画像。右の動脈に大きな仮性動脈瘤がある。

考 察

MIP 画像は MR アンギオグラフィーの画像構築に用いられてきたことから, X 線 CT でも血管

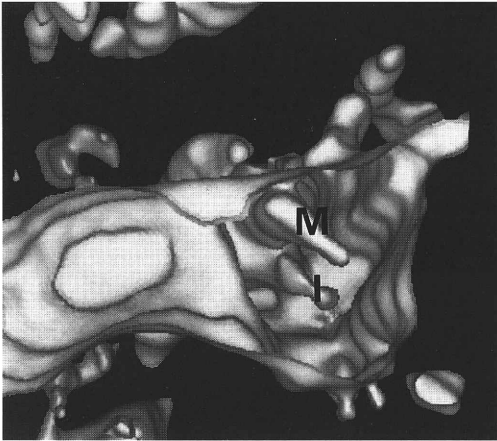


図 4.

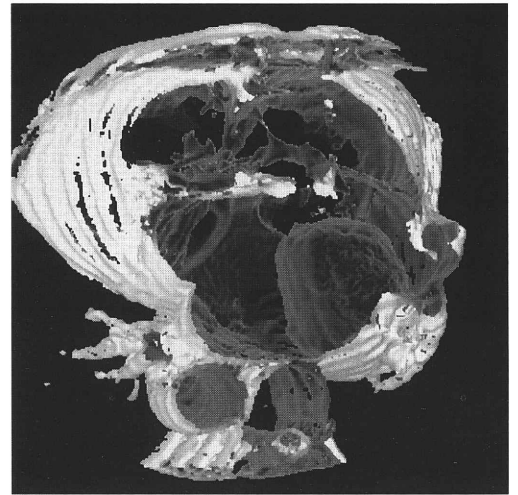


図 6.



a



b

図 5.

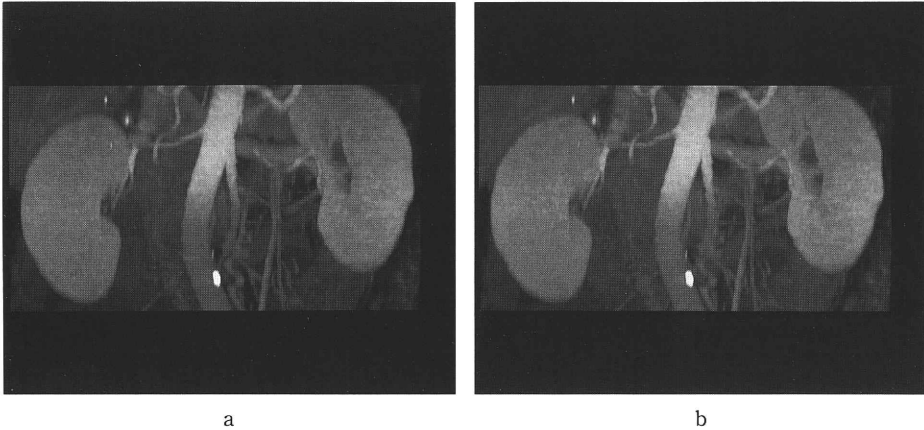


図7.

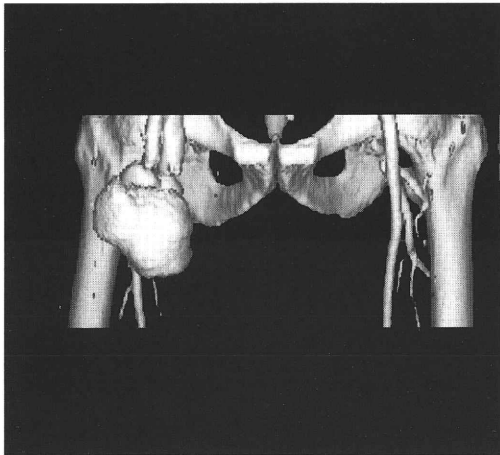


図8.

の描出に用いられ、骨の画像構築には他の方法が用いられているが、MIPによる画像構築を試みたところ

- 1: 見なれた X 線写真に似た画像が得られ、軟骨の質感もうまく表現できる。
- 2: 不要な部分を消し去って構築できるのでより鮮明な画像が得られる。
- 3: 立体視や動画像として観察することができる。
- 4: 骨折線の描出に対して感度が高い。

といった利点があることがわかった。一方、患者撮影用の装置を使用して画像処理を行っている

ために

- 1: 構築できる画像の視点が任意に指定できない。
- 2: 計算に時間がかかり、ほかの作業と並行処理ができないので撮影装置を占有してしまい、検査が中断する。
- 3: 操作が複雑
など日常の検査に組み込むには問題もある。

おわりに

最新の X 線 CT は 1 スライス 1 秒と格段に撮像時間が短縮され、検査時間の短縮だけでなく画像の精度も向上し、心臓についてもそれなりの情報を得ることが可能になってきた。短時間に多くの画像を撮影できるので三次元的な画像を構築することも可能となり、各種のアルゴリズムが開発されている。これらの画像再構成法に共通する特長として、

- 1: 観察したい部分だけを抜き出し、あるいは障害となる部分を削って観察できる。
- 2: 自由に視点を設定してあらゆる角度から観察できる。
- 3: 視点を変えて複数枚の画像を構築することで疑似的に立体的な情報を得ることができる。
などが挙げられる。しかし、三次元画像の構築には多くの画像情報を処理しなければならないので、撮影装置と兼用している現在の画像処理装置

では扱える画像情報に制約が多い上に画像の計算に時間がかかる。今後画像処理専用のシステム(ワークステーション)を導入して精度の向上と検査時間の短縮を図ることが望まれる。

文 献

ProSeed Accell 取扱説明書
GE 横河メディカルシステム株式会社