



Title	SmartHelical algorithmによるhelical artifactの軽減
Author(s)	酒井, 修; 沈, 雲; Hui, Hu 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1998, 58(9), p. 527-530
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19217">https://hdl.handle.net/11094/19217</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## SmartHelical algorithmによるhelical artifactの軽減

酒井 修<sup>1)</sup> 沈 雲<sup>2)</sup> Hui Hu<sup>3)</sup>  
木村 文子<sup>4)</sup> 古瀬 信<sup>1)</sup>

1)自治医科大学放射線医学教室(主任:古瀬 信教授) 2)GE横河メディカルシステム研究開発部  
3)Applied Science Laboratory, GE Medical Systems 4)土谷総合病院放射線科

### Reduction of Helical Artifact Using SmartHelical Algorithm

Osamu Sakai<sup>1)</sup>, Yun Shen<sup>2)</sup>, Hui Hu<sup>3)</sup>,  
Fumiko Kimura<sup>4)</sup> and Makoto Furuse<sup>1)</sup>

Stair-step artifact is a serious problem in reconstructed images of multiplanar reformation(MPR), surface rendering and maximum-intensity projection(MIP). We developed a new algorithm, SmartHelical Algorithm(SHA), to reduce helical artifacts. SmartHelical Algorithm reduced helical artifacts significantly with slight worsening of longitudinal resolution. Noise was reduced and SNR was increased. SHA reduced stair-step artifact in reconstructed images of MPR, surface rendering and MIP, and improved image quality.

### はじめに

ヘリカルCTの導入により<sup>1),2)</sup>、高画質の三次元画像が容易に得られるようになったが、その再構成画像では特有の階段状のアーチファクトstair-step artifactを生じ<sup>3),4)</sup>、画質の低下につながる。従来のヘリカル補間アルゴリズムでは避けられなかったこのアーチファクトは適切なアルゴリズムの使用により、著明に減少させることが可能である<sup>5),6)</sup>。われわれが開発した新しいアルゴリズム、SmartHelical Algorithm(SHA)の有用性をファントム実験および頭頸部領域での臨床例で検討したので報告する。

### 方 法

SmartHelical Algorithm(SHA)は基本的に従来のヘリカル補間アルゴリズムの負荷係数をもとに、まったく新しい考え方で開発されたアルゴリズムである。詳細は付録および参考文献<sup>5),6)</sup>を参照されたい。SHAは生データからの直接補間だけでなく、再構成ピッチ<sup>\*1</sup>0.1あるいは0.2で作成された画像データからの処理も可能である。今回の検討では従来のヘリカル補間アルゴリズムで再構成ピッチ0.1で作成された画像データからの処理を行い、原データからの再構成画像と比較、検討した。

#### 1. ファントム実験

GE横河製のCT装置ProSeedで、スライス面に平行な0.6mmのスリットのあるアクリール樹脂製櫛型縦軸分解能評価ファントムをスライス厚1mm、ヘリカルピッチ<sup>\*2</sup>:0.5でスキャンし(140kV, 80mA)、従来のヘリカル補間アルゴリズムで0.1mm間隔で再構成し、このデータをworkstation(hp; 735, Hewlett Packard社製)に転送し、これにSHA処理を行った。原画像データおよびSHA処理後の画像データを用い、Advantage Windows(GE横河製)で、multiplanar reformation(MPR)<sup>\*3</sup>、maximum-intensity-projection(MIP)<sup>\*4</sup>、surface rendering<sup>\*5</sup>による三次元画像(3D)を作成し、階段状のアーチファクトの程度、スリットの描出能、辺縁の明瞭さにつき、比較した。

また、従来のヘリカル補間アルゴリズムとSHAでのコイ

Research Code No. : 504

Key words : Helical CT, Artifact

Received Feb. 16, 1998; revision accepted Jun. 18, 1998

- 1) Department of Radiology Jichi Medical School and Hospital
- 2) R & D Department, GE Yokogawa Medical Systems
- 3) Applied Science Laboratory, GE Medical Systems
- 4) Department of Radiology Tsuchiya General Hospital

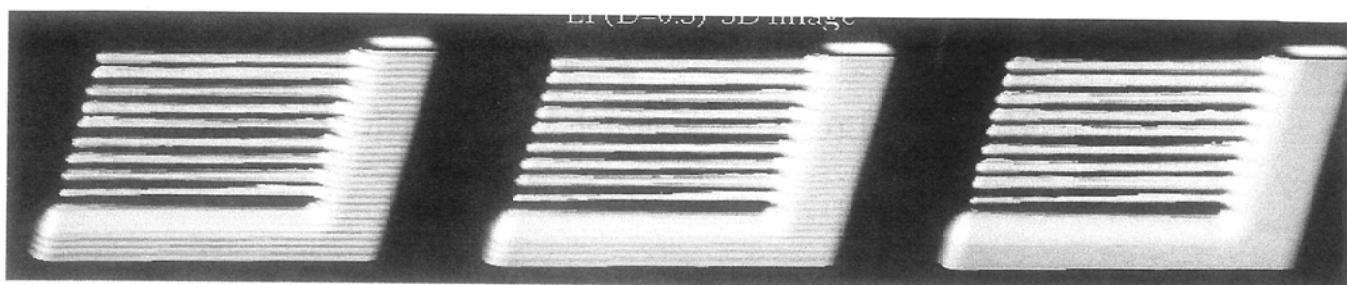


Fig.1 Phantom evaluation of decreasing the helical artifacts by SmartHelical Algorithm(SHA), 3D image reconstructed by surface rendering. A: Original. B, C: SHA (B;  $f = 1$ , C;  $f = 2$ ).

Stair-step artifact which is prominent in the stem of the comb-shaped phantom is decreased by SHA. Improving effect is increased as degree of SHA increased.

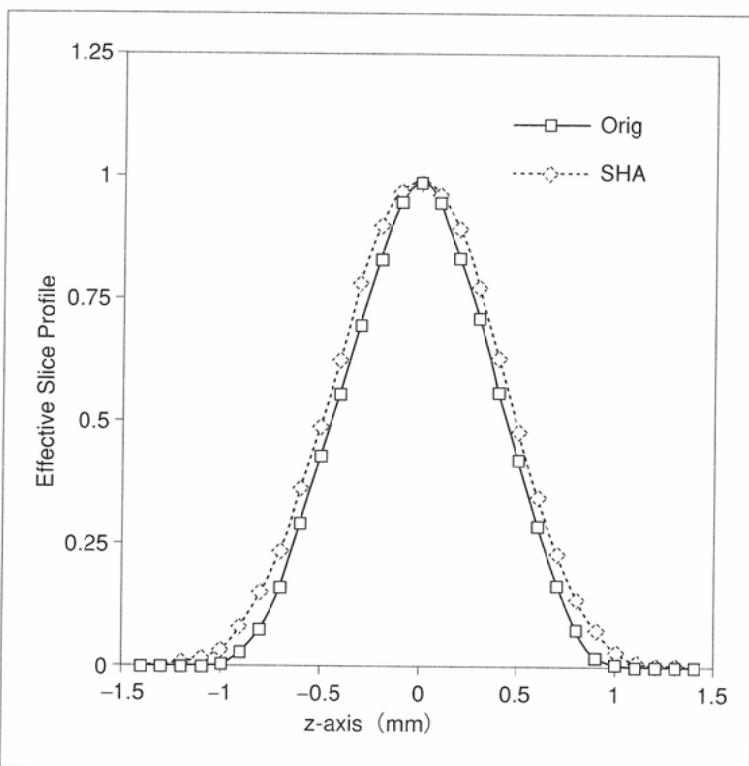


Fig.2 Effective slice profile of the original and SmartHelical Algorithm(SHA). Orig: Original. SHA: SmartHelical Algorithm ( $f = 3$ ).

Slight broadening of the effective slice profile, slight increasing full width at half maximum and tenth maximum is noted.

ン法<sup>6,7)</sup>で得られた実効スライスプロフィールおよびノイズにつき解析した。

## 2. 臨床例での検討

頭頸部成人6例において、1, 3または5mm厚、ヘリカルピッチ: 0.5-1でヘリカルCTを施行(120kV, 160-200mA)，再構成ピッチ0.1で横断像を作成した。これに対して、SHA処理を施行、原画像とSHA処理後の画像データ

を用い、MPR、surface rendering、CT angiography(MIPおよびsurface rendering)画像を作成し、階段状のアーチファクトの程度、辺縁の明瞭さ、横走する構造物の描出能につき比較した。

## 結果

SHAによりヘリカルアーチファクトが軽減し、SHAでの再構成画像では従来のアルゴリズムからの再構成画像と比較し、階段状のアーチファクトが減少した(Fig.1)。同等の画質では管電流は35%まで軽減可能となった。SHAでは半値幅および1/10値幅のわずかな増加を認めた(半値幅: 1-10%, 1/10値幅: 2-20%) (Fig.2, Table 1)。櫛型縦軸分解能評価ファントムでの再構成画像ではSHA処理による辺縁のごくわずかな"ボケ"とともに縦軸方向の分解能のわずかな劣下を認めた。

臨床例においてもSHAでの再構成画像では従来のアルゴリズムからの再構成画像と比較し、階段状のアーチファクトの減少を認め、MPR、MIP、surface renderingなどの3D再構成画像での画質は改善した(Fig.3, 4)。このアーチファクトの軽減効果は大きなヘリカルピッチの使用(ヘリカルピッチ  $> 1$ )ではより有効であった(Fig.3)。

## 考察

ヘリカルCTの再構成画像においては、ヘリカルCT特有のアーチファクトである階段状のアーチファクトが生じ<sup>3,4)</sup>、

### 脚注

\*1 再構成ピッチ: スライス厚に対する再構成間隔の比。

\*2 ヘリカルピッチ: 管球が360°回転する間のテーブル移動距離とスライス厚の比。

\*3 multiplanar reformation(MPR): 多断面再構成法。ボリュームデータから任意の断面を再構成する。

\*4 maximum-intensity-projection(MIP): 最大強度投影法。三次元データにおいて、ある一点から投影される三次元空間上にあるvoxelのCT値の最大値を二次元のvoxel値とする再構成法。

\*5 surface rendering: 三次元データに対してあるしきい値を設定し、これより高いものを"白"、低いものを"黒"と表示し、これに仮想の光を照らし、深さを表示する方法。

\*6 コイン法: コイン状ファントムを用いて、実効スライスプロフィールを測定する方法。

Table Change of the longitudinal resolution before and after SmartHelical Algorithm. Original collimation: 3-mm.

	Original	$f = 1$	$f = 2$	$f = 3$
FWHM (mm)	3.5	3.54	3.61	3.85
		(1.1%)	(3.1%)	(10.0%)
FWTM (mm)	6	6.12	6.36	7.2
		(2.0%)	(6.0%)	(20.0%)

FWHM: full width at half maximum, FWTM: full width at tenth maximum,  
 $f$ : strength of SHA

診断上の障害となる。特にこれは大きなヘリカルピッチの使用や高縦軸分解能画像では大きな問題となる<sup>5),6),8),9)</sup>。今回我々は従来の補間アルゴリズムに比し、著明にヘリカルアーチファクトを軽減する全く新しいヘリカル補間アルゴリズム、SmartHelical Algorithm(SHA)を開発した。これにより再構成画像での階段状のアーチファクトは著しく減少した。SHAは階段状のアーチファクト減少とともにノイズの減少をもたらし、同等の画質で管電流を35%まで軽減することが可能である。また、SHAでのアーチファクトの軽減効果は大きなヘリカルピッチの使用時により有効である。これらにより患者被曝の軽減、管球の負荷の軽減が可能となり、連続撮像時間の延長、撮像範囲の拡大が可能となる。

後処理post-processingによる縦軸分解能の改善法である

digital deconvolutionではこの階段状のアーチファクトの増加が問題であったが<sup>8)-10)</sup>、SHAの併用により、階段状のアーチファクトを減少させることが可能である。前述したようにSHAでは縦軸分解能のわずかな低下が起こるが、digital deconvolutionとの併用はそれぞれの欠点を補うこととなり、高縦軸分解能、かつ、階段状のアーチファクトの少ない画像の再構成が得られることが示唆される。

ヘリカルCTでは従来のスキャンと比較して、縦軸分解能にやや劣るが<sup>11),12)</sup>、このような後処理により、同一原データからの目的に合った実効スライスプロフィール、S/N比の変更が患者の被曝なしに可能となり、診断目的に合った画像再構成が行えるようになり、臨床的意義は高いと考えられる。

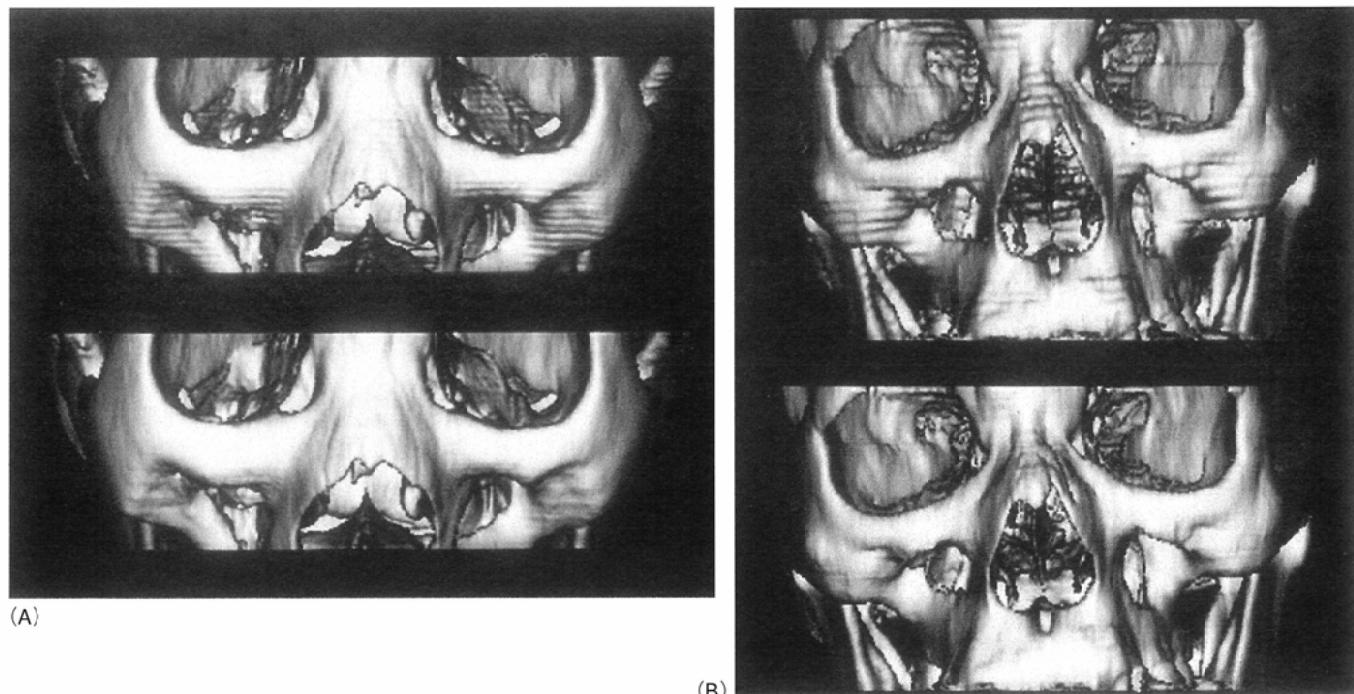


Fig.3 Surface rendering 3D image of the facial bone. A: 3-mm collimation, helical pitch 1. (i)Original. (ii)After SHA( $f = 3$ ). B: 3-mm collimation, helical pitch 1.7. (i)Original. (ii)After SHA( $f = 3$ ).

Stair-step artifact is significantly decreased by SHA compared with the original image. Image quality of the reconstructed image is improved. Note that decrease of the stair-step artifacts is more prominent in the use of a large helical pitch scan(B).

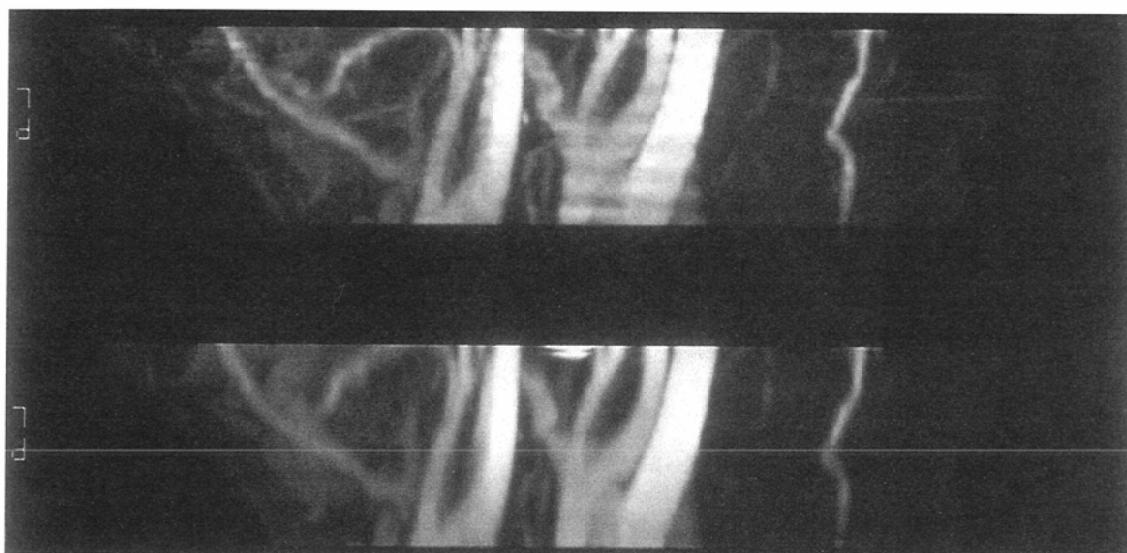


Fig.4 CT angiography of the carotid bifurcation, maximum-intensity-projection. A: Original. B: After SHA ( $f = 3$ ).

Stair-step artifact is significantly decreased by SHA compared with the original image. Blurring of the edge of the vasculature is minimal.

#### 付録：SmartHelical Algorithm (SHA)

$$\text{従来のヘリカル補間: } D_h(b, g) = W(b, g) D(b, g) \quad (1)$$

ここで、

$W(b, g)$  : 従来のヘリカル補間( $180^\circ$ 補間あるいは $360^\circ$ 補間)での負荷係数。

$D(b, g)$  : 補間する前の生データ(projection domain)。

$D_h(b, g)$  : 従来のヘリカル補間で得られた生データ(projection domain)。

$b$  : view角度。

$g$  : fan角度(channel角度)。

SmartHelical Algorithm (SHA) :

$$D_s(b, g) = W_s(b, g) D(b, g) \quad (2)$$

ここで、

$W_s(b, g)$  : 対応するSHAでの負荷係数

なお、SHAの負荷係数は以下の式より求められる

$$W_s(b, g) = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} W(b - b_0, g) h(b_0) db_0 \quad (3)$$

ここで、

$h(b)$  : SHAでのkernel。

$\alpha$  : view角度である $b_0$ の積分の範囲。通常、 $\alpha_2 = -\alpha_1$ 。

$h(b)$ は非常に重要であり、この設計designを最適化することによって、最適の画質を得ることができる。

従来のヘリカルアルゴリズムは基本的に2点のデータを用い、距離の逆比例という簡単な補間法であるが、式(3)からわかるように、SHAは多くのデータを用いたconvolution(たたみ込み積分)という比較的上級な補間法である。SHAは厚みをもつデータ群を使用するため、2点のデータのみの従来のアルゴリズムで残ったヘリカルスキャン固有のアーチファクトの低減に非常に有効であるだけでなく、ノイズの低減にも極めて有効である。式(1)-(3)で示したようにSHAは従来のヘリカル補間を元に、新しい考えのもとに得られたヘリカル補間の負荷係数セットを入れ替えることによって実施され、画像再構成時間は従来とほぼ同程度と考えられる。

## 文 献

- 1) Kalender WA, Polacin A: Physical performance characteristics of spiral CT scanning. *Med Phys* 18: 910-915, 1991
- 2) Kalender WA, 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) Brink JA: Technical aspects of helical(spiral)CT. *Radioi Clin Nor Am* 33: 825-841, 1995.
- 4) Wang G, Vannier MW: Stair-step artifacts in three-dimensional helical CT: An experimental study. *Radiology*, 191: 79-83, 1994
- 5) Hu H, Shen Y: Helical reconstruction algorithm with user-selectable section profiles. *Radiology* 201(P): 189, 1996
- 6) Hu H, Shen Y, Fox SH, et al: Assessment of imaging performance and clinical benefit of helical reconstruction with longitudinal filtration. *Radiology* 205(P): 351-352, 1997
- 7) 片倉俊彦, 田仲 隆, 辻岡勝美, 他:ヘリカルスキャンの性能評価. 木村和衛, 古賀佑彦編:ヘリカルスキャンの基礎と臨床, 121-140, 1993, 医療科学社, 東京
- 8) Schlueter FJ, Wang G, Hsieh PS, et al: Longitudinal image deblurring in spiral CT. *Radiology* 193: 413-418, 1994
- 9) 酒井 修, 沈 雲, 木村文子, 他:頭頸部領域におけるヘリカルCTでのdeblurring法による縦軸方向分解能の改善. 日本医学会誌 57: 211-214, 1997
- 10) Sakai O, Shen Y, Takata Y, et al: The use of deblurring technique for improving the longitudinal resolution in helical CT of the head and neck region. *Comput Med Imag Graph* 21: 153-164, 1997
- 11) Brink JA, Heiken JP, Balfe DM, et al. Spiral CT: decreased spatial resolution in vivo due to broadening of section sensitivity profile. *Radiology* 185: 469-474, 1992
- 12) Polacin A, Kalender WA, Marchal G. Evaluation of section sensitivity profiles and image noise in spiral CT. *Radiology* 185: 29-35, 1992