

● Aiに求められるCT撮影の技術とは —アーチファクト対策・Deep Learning 再構成—

国立がん研究センター中央病院 | 石原敏裕

Aiにおける死後CT撮影は、死因究明において剖検が施行されなかった場合にはその代替に、施行された場合には相補的な役割を果たすと認識されている。亡くなられてから撮影されるまでの時間、ご遺体が安置された温度や湿度などの状況によって再構成されるCT画像は影響を受けてしまうが、アーチファクトによる画像への影響は最小限に留めておきたい。アーチファクトは、本来は存在しないCT値分布が画像内に生じている状態であり、その発生の起因には、装置・データ収集・患者・造影剤・画像処理があげられ、主に撮影時に発生するものと再構成時に発生するものとに大別される。アーチファクトの影響が大きくなると読影が困難となり正確な診断が行えなくなることは言うまでもない。本稿では、CT画像に発生する様々なアーチファクトを認識し、発生するアーチファクトのタイプを理解するとともに、アーチファクトの起因と原因について解説する。また、アーチファクト低減対策や最新のDeep learning reconstructionによるアーチファクトの低減効果についても解説する。

Postmortem CT imaging in Ai is recognized as a substitute for autopsy when it is not performed, and as a complementary tool when it is performed. Although the reconstructed CT image is affected by the time between death and imaging, the temperature and humidity where the body was placed, and other conditions, the effect of artifacts on the image should be kept to a minimum. Artifacts are the distribution of CT values in an image that should not exist, and are caused by the equipment, data collection, patient, contrast media, and image processing. It goes without saying that the greater the influence of artifacts, the more difficult it is to read the images and the less accurate the diagnosis can be. In this paper, we recognize the various types of artifacts that occur in CT images, understand the types of artifacts that occur, and explain the origin and causes of artifacts. It also describes artifact reduction measures and the effectiveness of the latest deep learning reconstruction in reducing artifacts.

● はじめに

Ai (Autopsy imaging: 死亡時画像診断) における死後CT撮影は、死因検索という特質から、原則、撮影範囲は頭部から下肢(膝)までとなる。ご遺体搬入時の状態によっては、整位が必要な場合があり、特にエンゼルケア後の遺体は上肢が合掌状態であり、上肢による胸腹部へのアーチファクト発生を理解しておく必要がある。

多くの施設が臨床装置を死後CT撮影に利用しているのが現状だが、死後CT画像に特化した特別な撮影方法はほとんどなく無く、CTの基本的な画質特性を理解し、画質が劣化しない撮影プロトコル・再構成アルゴリズムを設定することとなる。

本稿では、CT画像に発生する様々なアーチファクトを認識し、発生するアーチファクトのタイプを理解するとともに、アーチファクトの起因と原因について解説する。

● AiにおけるCT画像に発生するアーチファクトについて

本来は存在しないCT値分布が画像内に生じている状態をアーチファクトと言う。Aiにおいて特に発生が想定されるアーチファクトは、Zebra artifact・ビームハードニングアーチファクト・ダークバンドアーチファクト・ストリークアーチファクト・Edge gradient effect・メタルアーチファクト・Incomplete projectionである。

アーチファクトを低減するための対策を行うためには、アーチファクトの起因と原因を理解しておく必要がある。アーチファクト発生の起因としては、装置・データ収集・患者・造影剤・画像処理があげられる。各発生原因と発生するアーチファクトについては表1を参照していただきたい。なお、本稿は日本放射線技術学会から出版されている「叢書(38) アーチファクト・アトラス (CT, MRI, SPECT, PET) 2021年02月28日発刊」を参考としているが、筆者は本叢書の共同著者である。

Zebra artifact について

Zebra artifactは、multi planar reconstructionや、volume rendering、maximum intensity projectionなどの3次元画像においてみられる。

CT画像上では、高ノイズ領域と低ノイズ領域が交互に繰り返され、縞模様状のアーチファクトとして出現する(図1)。

ヘリカルスキャンにおける補間再構成法は、体軸方向にノイズの不均一性を生じさせることがあり、3次元画像において縞模様状のアーチファクトとなる¹⁾。スライス面内においても、回転中心と辺縁では画像ノイズ量が異なり、回転中心から離れるほど不均一となる。また、体軸方向に骨などの高コントラストのエッジが存在する場合、ストリークおよびステアステップアーチファクトが発生することでCT値が不正となる²⁾。

これらが原因となり、回転中心から離れた位置で顕著にzebra artifactが出現する。

対策としては、低いピッチファクタや薄いスライス厚を選択すると良い。

ビームハードニングアーチファクトについて

ビームハードニング(線質硬化)は、頭蓋骨周囲におけるCT値の上昇、骨や金属、造影剤などの高吸収体など、さまざまな領域において診断の妨げとなるアーチファクトを引き起こす(図2)。

対策としては、ビームハードニング補正の利用、高電圧撮像、Dual energy CTによる仮想単純X線画像を利用すると

表1 CT画像に発生する主なアーチファクトの起因別分類

起因	原因	発生するアーチファクト
装置	検出器及び DAS	ストリーク, シャワー, リング
	ヘリカル及びマルチスライス	ディストーション, ウインドミル, ゼブラ
物理・収集	ビームハードニング	カッピング, ストリーク, ダークバンド
	パーシャルボリューム	シェーディング
	photon starvation	ノイズ, ストリーク
	アンダーサンプリング	ビューエリアリング, レイエリアリング
患者	edge gradient effect	ストリーク
	動き	シェーディング, ストリーク, ダブルイメージ
	金属	ストリーク, ダークバンド
	incomplete projection	ストリーク, シェーディング, トラケーション
造影剤	ビームハードニング, 散乱	pseudoenhancement
		ストリーク, ダークバンド
画像処理	エリアリング	ステアステップ

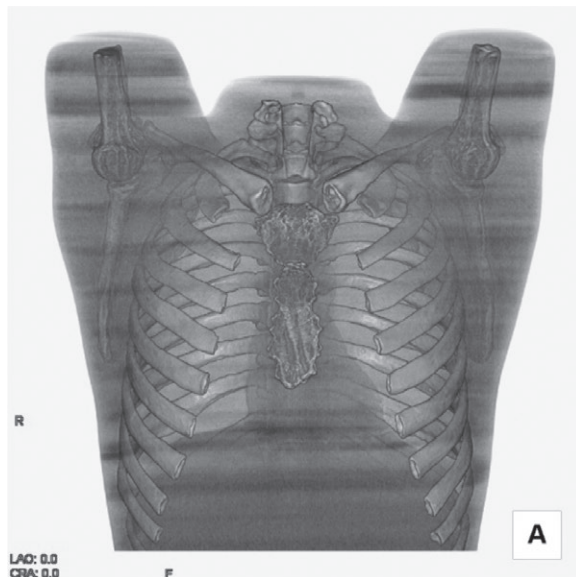


図1
ボリュームレンダリングにおける zebra artifact
縞模様状(螺旋状)に等間隔の高ノイズ領域が出現している

良い^{1, 3, 4)}。

ダークバンドアーチファクトについて

非線形パーシャルボリューム効果は特に後頭蓋窩や肩レベルにおいてみられる現象である。左右の錐体や鎖骨の間隙に帯状のアーチファクト(ダークバンドアーチファクト)を引き起こす(図3)。

シングルスライスCTにおける厚いスライスのように、体軸方向へのX線束の広が

り(ビーム幅)は対向する取得データに差異が生じる^{1, 5, 6)}。アイソセンターから離れた位置に存在する高吸収の構造がX線束に部分的に存在する場合に、パーシャルボリュームアーチファクトが発生する。

前述の後頭蓋窩ではX線吸収の高い複雑な解剖学的な構造が体軸方向に分布するため、パーシャルボリュームの原因となり、後頭蓋窩にダークバンドを生じる。

対策としては、対策: 薄いスライス厚を選択することやビームハードニング補正を利用すると良い。