

小児 CT 検査に有用な撮影技術

キヤノンメディカルシステムズ株式会社
CT 営業部 アプリケーション担当
高井志帆

近年、X 線 CT 装置の進歩は目覚しく、撮影時間の高速化に伴い広範囲の撮影が可能となり、小児への適応も拡大している。しかしながら小児は成人と比べて体格が小さい、余命が長い、放射線感受性が高いという特性がある。また、ある程度の年齢にならないと検査への協力を得られないことから抑制（固定、鎮静）が必要で、息止めが困難なため安静呼吸下での撮影になることも多い。放射線の影響をできるだけ少なくするために、被ばく低減を行うことも必須である¹⁾。

小児 CT 検査を行う際は、安全な検査の施行、検査被ばくの低減、診断に寄与する画像の提供を心掛ける必要がある。本稿では当社最新 CT 装置である Aquilion ONE/GENESIS Edition を中心に、小児 CT 検査に有用な技術について紹介する。



図 1 Aquilion ONE/GENESIS Edition

安全に検査を行うために

■Area Detector CT：ボリュームスキャン

Aquilion ONE/GENESIS Edition は 0.5mm × 320 列の検出器を搭載した Area Detector CT である。回転速度は最速 0.275s/rot と超高速化を図っており、1 回転で 160mm の範囲を撮影可能なボリュームスキャンと組み合わせることで、極めて短時間で撮影を行うことが可能である。

従来のヘリカルスキャンと比べ撮影時に寝台移動を伴わないため、様々なライフラインが装着された状態でも、抜管の恐れが無く安全に検査に臨むことができる。

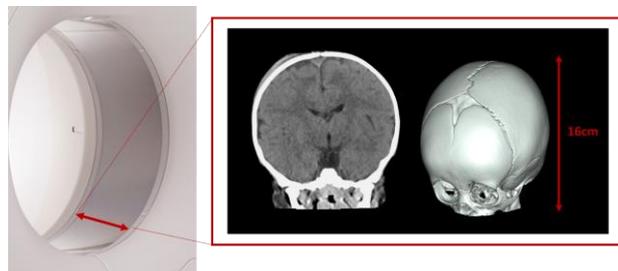


図 2 ボリュームスキャンによる撮影可能範囲

■Area Finder

更なる検査フロー向上のため、Aquilion ONE/GENESIS Edition には新機能である Area Finder を搭載している。(図 3) Area Finder は最大 160mm の撮影範囲をレーザー光で直接視認できる機能である。

従来の CT 装置ではスキャノグラム（位置決め用画像）を撮影して撮影範囲を設定していたが、Area Finder を用いることでポジショニング時に撮影範囲を確認でき、ポジショニング後すぐに撮影に移行できるため検査時間が大幅に短縮できる。体動が激しく短時間で撮影を終了したい場合などに特に有用である。また、スキャノグラム分の被ばく低減も図れる。

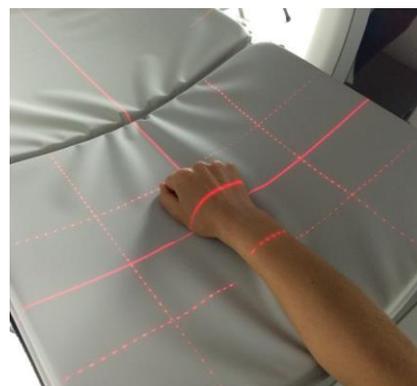


図 3 Area Finder

■「やさしい検査」を可能にする架台・寝台

Aquilion ONE/GENESIS Edition は「人を想うカタチ、人に愛されるカタチ」をコンセプトに、患者様の安心・安全を追求した架台・寝台設計を採用している。開口径 780mm のワイドボア、最大±30° のチルト機能 (架台傾斜機構)、±42mm の寝台左右動機能により、点滴や輸液ポンプなどの機材の搬出入も容易となり、ポジショニングの時間も短縮できる。

快適な CT 検査を受ける環境を構築するため、架台前面には情報表示モニタ i-station を搭載している。患者がリラックスし負担なく撮影できることは、検査の成功のために非常に重要である。小児に対しては小児用のアニメーションにて吸気・息止め等を指示し、より良い環境で検査を受けられるようにしている。(図 4)

また、寝台マットには CT 初の抗菌対応を施しており、院内感染にも配慮した製品づくりを行っている。

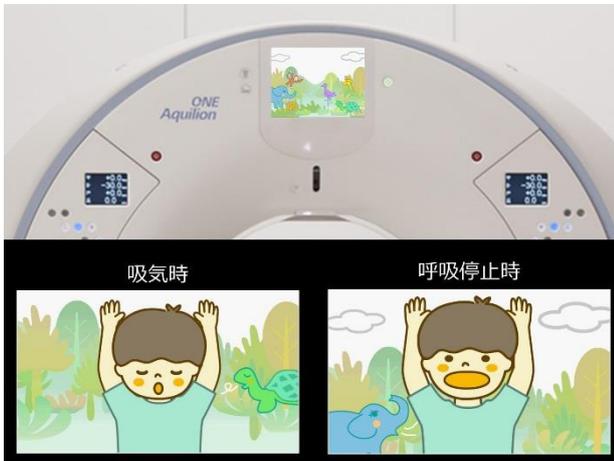


図 4 i-station

検査被ばくを低減するために

■撮影プロトコルの管理

小児は成人と比べて体格も小さく、放射線感受性も高いため、CT 検査にあたっては小児のための撮影プロトコルを適応する必要がある²⁾。当社の CT 装置においても成人用/小児用で別々に撮影プロトコルを設定することが可能であり、設定したプロトコルは患者の年齢に応じて自動で成

人用/小児用に切り換わり、常に最適なプロトコルが選択できる仕組みとなっている。(図 5)

撮影プロトコルや CT 検査の被ばくについての情報をわかりやすく提供するために、Time Sequence、Dose Guard、Dose Alert といった機能も搭載している。Time Sequence はグラフィカルなインターフェイスにより、撮影プロトコル全体が一目で把握でき、画面上で管電流の調整や撮影の追加などをグラフで確認しながら操作できる。Dose Guard ではスキャン計画中に計算される総被ばく線量を元に、医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME) による診断参考レベル、ICRP のガイドライン等を CT 本体で参照しながらプロトコルごとに被ばく線量の閾値を設定できる。さらに、実際の撮影時には設定された被ばく線量を超えると Dose Alert 機能により警告が表示され、不要な被ばくを抑えることができる。(図 6)



図 5 小児用プロトコル選択画面

Time Sequence



Dose Guard



Dose Alert



図 6 被ばく管理ツール

■線量の最適化：Volume EC, OEM

線量の最適化を図るための撮影技術にCT-AEC（自動照射制御機構）があり、小児CT検査においても積極的に使用することが推奨されている²⁾。当社ではVolume ECと呼ばれるこの技術は、スキャノグラムの情報から、各スライスに必要とされる線量を計算し、一平面のXY方向（AP,RL方向）とZ方向（体軸方向）へ管電流を変調させながらスキャンを行う。これにより、各断面が事前に設定した画質レベルを満たすよう管電流を自動的にコントロールすることができ、余分な被ばくを抑え、均一な画質を得ることができる。

加えて水晶体や乳腺など放射線感受性の高い体前面部に対し、管電流を下げてX線照射を行うOrgan Effective Modulation（OEM）がある。Volume ECと併用して使用でき、固定管電流使用時と比較すると体前面部の被ばくを最大60%低減することが可能である。

■逐次近似再構成：FIRST

近年、80kVや100kVの低管電圧による撮影が行われるようになってきた。低管電圧での撮影によるメリットのひとつは被ばく低減であるが、全体として画像ノイズの増加の懸念もある³⁾。順投影適応モデルベースのFull IR（Iterative Reconstruction）である

FIRST：Forward projected model-based Iterative Reconstruction Solutionは、被ばく低減と低コントラスト分解能・空間分解能の向上を目的とした最新の再構成技術である。CTで収集した投影データと初期画像から順投影で作成した投影データの差異を画像へフィードバックし、その処理を繰り返すことで最終画像を作成する。この時、回路ノイズとフォトンノイズを統計学的にモデル化した統計学的ノイズモデル、スキャナモデル、コーンビームモデル、アナトミカルモデル、ビームハードニングモデルといった複数のモデルを適応することで、従来のFBPを上回る空間分解能や、大幅なノイズとアーチファクトの低減効果が得られる⁴⁾。

低管電圧撮影とFIRSTを組み合わせることで、被ばく低減と画質向上を両立させた撮影が可能になる。図7にFIRSTの臨床適応例を示す。FIRSTを使用することでノイズやアーチファクトが低減され、微細な血管構造も明瞭に観察できる。一般的にFull IRは繰り返し演算が必要なため膨大な演算量が発生するが、FIRSTは高性能な並列処理を行う専用ハードウェアの採用と、アルゴリズム・パラメータの最適化により画像再構成時間を高速化し、ルーチン検査での適応も可能となった。

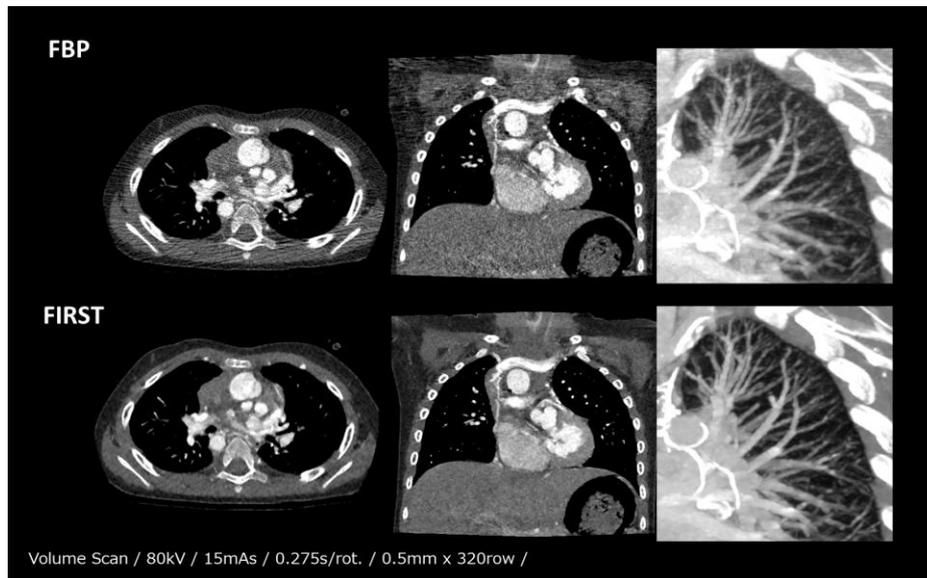


図7 FIRST臨床画像

診断に寄与する画像提供のために

■体動補正機能：APMC

多列化が進み、高速回転、短時間撮影の技術が発展したが、小児検査においては息止めが困難な症例や心拍数や呼吸数が成人に比べて多い症例も多く、100%モーションアーチファクトをなくすことは非常に難しい。

体動が大きい場合、ノンヘリカルスキャンでは収集開始データと終了データに空間的なズレが生じるため、アーチファクトが生じる場合がある。これを生データベースで補正する機能がAPMC：Adaptive Patient Motion Correctionである。動きにより起こり得るモーションアーチファクトを低減する効果がある。(図8)

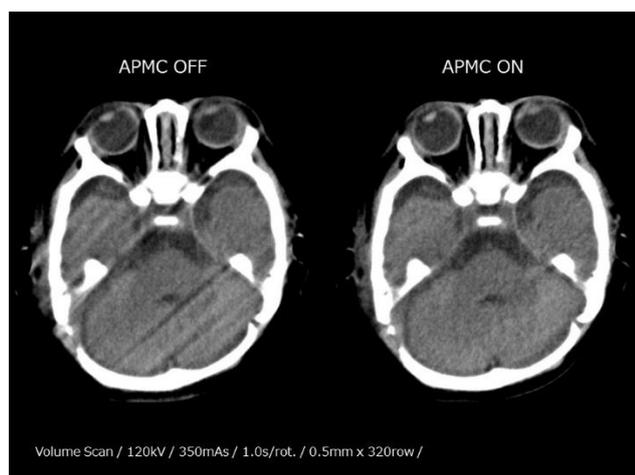


図8 APMC

■腹部サブトラクション：SURE Subtraction Iodine Mapping

血管系、腫瘍性病変等の検索には小児CT検査においても造影CTを行うことがあるが、造影剤を使用する際は留意すべきことが多い。小児は血管が細く使用する留置針も相応の径が用いられるため、自動注入機を用いる場合には設定についての確認が必要となる。また、小児は浸透圧負荷による影響や、特に生後1週未満の新生児では腎機能が未熟であるため、使用する投与量を最小限に留めることが求められる⁵⁾。

SURE Subtraction Iodine Mappingは、造影CT

のデータから単純CTのデータを差分して造影成分を可視化する手法で、サブトラクション画像やヨードマップ、ヨードマップを造影画像に重ね合わせて造影成分を強調したCE Boost画像などを生成することができる。位置合わせアルゴリズムに相互情報を利用した逐次非線形位置合わせ法を採用しており、腹部組織(軟部組織濃度)の位置合わせに適したパラメータチューニングを実施している。CE Boost画像では造影領域が視覚的に把握しやすくなり、局所的な変化や薄い濃染領域の検出にも大いに役立つ可能性がある。(図9)

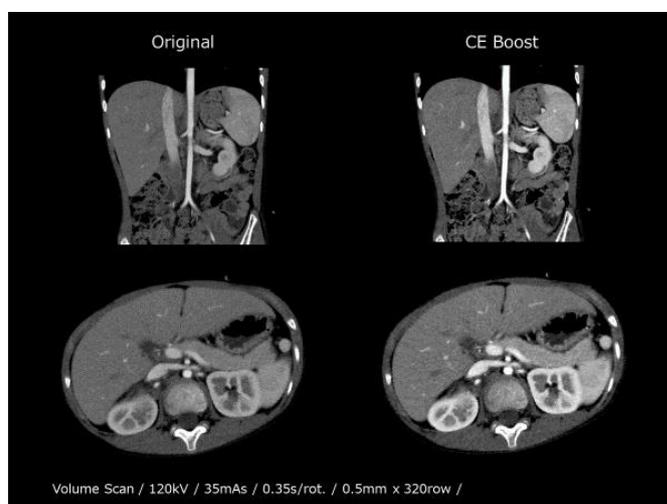


図9 SURE Subtraction Iodine Mapping

■ストレスレスな画像再構成

検査全体のワークフロー向上という点では、撮影時間の短縮だけでなく、主治医や放射線科医による画像確認までの時間も考慮する必要がある。

Aquilion ONE/GENESIS EditionではCPU性能の向上や画像再構成装置の最適化により、ボリュームスキャン時には最速5秒/volume、ヘリカルスキャン時には最速80fpsの再構成時間を達成している。また、ヘリカルスキャンで撮影が広範囲に及ぶ場合も、InstaViewによって再構成の完了を待つことなく事前に画像を確認することが可能である。様々な角度の画像観察が必要な検査では、スキャンに連動して任意の厚さのMPRを自動で作成するマルチビュー機能が有用である。

小児 CT 検査は被ばくの観点から重度の外傷や急性症例の場合に適応となることが多く⁶⁾、撮影後主治医や放射線科医を待たすことなく画像を提供することは、その後の治療や患者の予後のためにも非常に重要である。

おわりに

本稿では当社最新 CT 装置である Aquilion ONE/GENESIS Edition を中心に、ボリュームスキャンや Area Finder、Volume EC、FIRST といった小児 CT 検査に有用な技術について紹介した。今後も更なる高速化技術、被ばく低減、画質向上機能の開発を目指し、邁進していく所存である。

また、これらの技術が小児 CT 検査において活用され、患者や家族が安心して検査に臨める環境の提供に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 野澤久美子：Area Detector CT を用いた小児画像診断, INNERVISION (30・12)2015, 別冊付録
- 2) 小児 CT ガイドラインー被ばく低減のためにー, 日本医学放射線学会(2005)
- 3) 宮寄治：小児 CT における正当化と最適化, JSRT 38 巻(2014), P15-18
- 4) 尾崎公紀：Aquilion ONE/GENESIS Edition の開発, INNERVISION (31・12)2016, 別冊付録
- 5) 鳴海善文：造影剤の適正使用推進ガイド「高齢者・小児・妊婦・授乳婦に投与する際の留意点」, 臨床画像 Vol23, No12(2007)
- 6) 日本医学放射線学会：画像診断ガイドライン (2016)