

JRC2009 産学連携セミナー報告

The Outline of Academy-Industry Joint Seminar in JRC2009

宮崎 靖 Osamu Miyazaki

株式会社日立メディコ CTシステム本部

2009年4月16日から19日まで、パシフィコ横浜でJRC2009が開催され、4月17日に産学連携セミナー「Inspire the Next Stage in Multislice CT—次世代マルチスライスCTを考える—」が、日本医科大学放射線医学教室の林宏光先生を座長として開催された。本報告では、産学連携セミナーの3つの演題の発表内容を中心にまとめた。

The Academy-Industry Joint Seminar was held on 17 April 2009. The title was “Inspire the Next Stage in Multislice CT”. The chairperson was Hiromitsu Hayashi, MD, Nippon Medical School. We report the outline of the seminar.

Key Words: JRC2009, Multislice CT, AEC, CNR-Index, Artifact

1. 次世代マルチスライスCTを考える上でのキーワード

1.1 低被曝と高画質

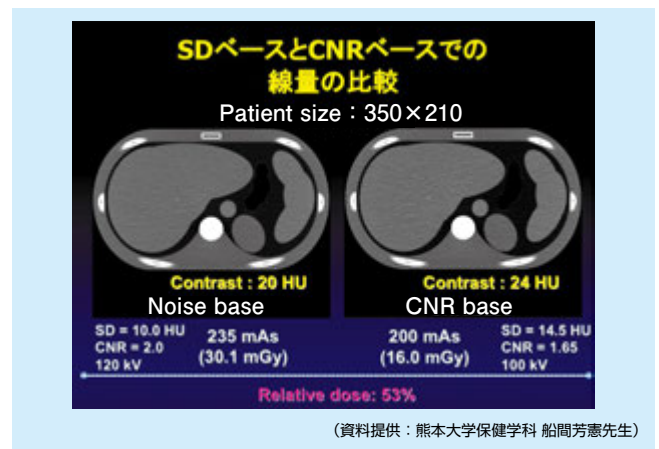
熊本大学保健学科の船間芳憲先生が、トレードオフの関係にある低被曝と高画質をキーワードに講演された。最新のAEC(Automatic Exposure Control)に対する考え方、ボウタイフィルタ、低管電圧撮影など低被曝化を進める上で考慮すべき点、Helical ScanとHRCTについての使い分けなど研究成果を報告し、10年後に低線量CTの被曝量が胸部単純と同程度になるという夢で結んだ。

(1) コントラストを考慮したAEC¹⁾ (図1)

当社と共同開発中のCNR(Contrast-to-Noise Ratio)を画質の指標とする線量最適化技術(CNR-Index法)について、アニメーションを用いて分かりやすく解説した。現在主流のSD(Standard Deviation)を画質の指標としたAEC(SD-Index法)では、ビームハードニング効果に起因するコントラストの変化を考慮していないため、被検体のサイズに依存して線量不足や線量過多になる可能性がある。コントラストを考慮したCNR-Index法では、それらを改善し、病変検出能を確保した上でさらなる低線量化の可能性を秘めている。

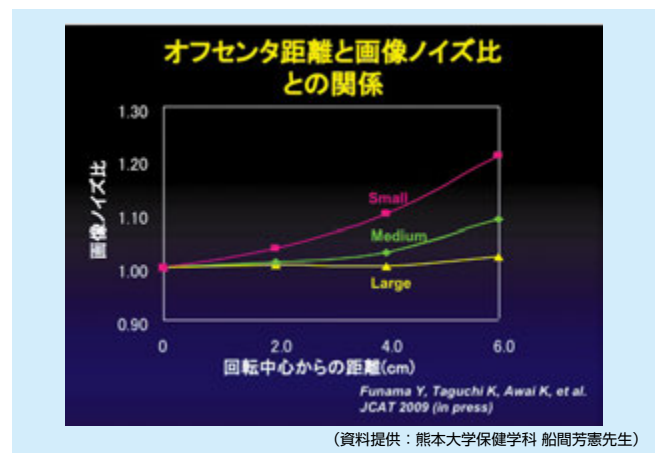
(2) ボウタイフィルタ (図2)

撮影視野の異なる複数のボウタイフィルタを切り替えて用いることで関心領域の外側の被曝線量を低減できる。さらに、AECとボウタイフィルタを併用することでいっそうの被曝低減が期待される。しかし、被検体位置によって効果が変わっ



(資料提供：熊本大学保健学科 船間芳憲先生)

図1：CNR-Index法とSD-Index法の比較



(資料提供：熊本大学保健学科 船間芳憲先生)

図2：ボウタイフィルタとAEC

てくることが予想されるため、各ボウタイフィルタにおいて、PhantomをFOVのオンセンターに置いた場合とオフセンターに置いた場合のそれぞれで画像ノイズを測定し、その特徴について考察した。

AP方向スキヤノグラムではファントムの上下(Y)方向の、LAT方向スキヤノグラムではファントムの左右(X)方向の位置に依存してノイズが顕著に変化した。これは、スキヤノグラム撮影時の拡大率の変化によってシステムが推定した被検体サイズが変化していることが示唆された。

ノイズ変化量はファントム位置やボウタイフィルタの種類にも依存しているため、線量過多にならないように適切なサイズのボウタイフィルタを選択することと関心領域を回転中心に配置することが重要である。

(3) 低管電圧テクニック²⁾³⁾

一般的には120kVが標準管電圧と位置付けられ、ビームハードニング効果の抑制や大柄な被検体を撮影する際の透過X線量確保のために高エネルギー側が用いられ、小児など小柄な被検体には低管電圧が選択されている。

しかし、組織の吸収係数が低いエネルギーほど差が大きいことから低管電圧ではコントラストが付きやすいことを考慮し、積極的に利用することが試みられ、有用性が報告されている。

(4) Helical ScanによるHRCT⁴⁾ (図3)

短時間でのサブミリ計測が可能となった64スライスCTでは、Helical ScanでもHRCTと比べて遜色のない画像が得られるという評価結果を示し、Helical Scanを実施していれば、被曝を考慮し、改めてHRCTを撮影しなくても良いという提案がなされた。

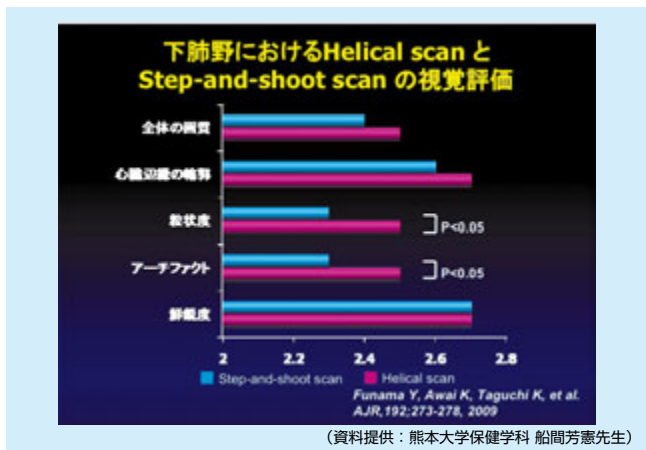


図3: Helical ScanとStep-and-Shoot Scanの比較評価

1.2 広範囲撮影と心電同期撮影

東北大学病院診療技術部放射線部門の佐藤和宏先生が、64列CTの臨床的現状として、広範囲撮影と心電同期撮影をキーワードに講演された。

多列化によって利用が広まってきた広範囲撮影と、心電同期撮影に関しスキャン方式(Prospective/Retrospective)の基礎から再構成アルゴリズム、撮影線量、時間分解能、心拍変動に対する対応などについての研究報告であった。

(1) 広範囲撮影の現状

東北大学病院における全検査のうち広範囲撮影(50cm以上と定義)の実施割合は増加傾向にあり、2003年の26.7%に対し2009年では39.8%と約1.5倍に増加した。救急撮影においても、比率はほぼ同等(37.9%)であった。主な目的としては、全身のスクリーニング、転移性腫瘍の検索、血管病変の検索などで、救急の場合は損傷部位の精査などが挙げられる。

3次元再構成が実装され、実効スライス厚のピッチ依存性は無視できる程度に小さくなり、さらにコーンビームアーチファクトも低減されたことで、広範囲撮影の実用性が高められた。しかし、コーンビームアーチファクトは視野辺縁ほど目立つ傾向があり、画像スライス厚と収集スライス厚に依存して強度が変化する。総画像枚数、体軸方向の必要解像度のバランスを加味して最適な選択が重要である。また、被写体をできるだけ回転中心に近づけるなどの運用面での対応も必要である(図4、図5)。

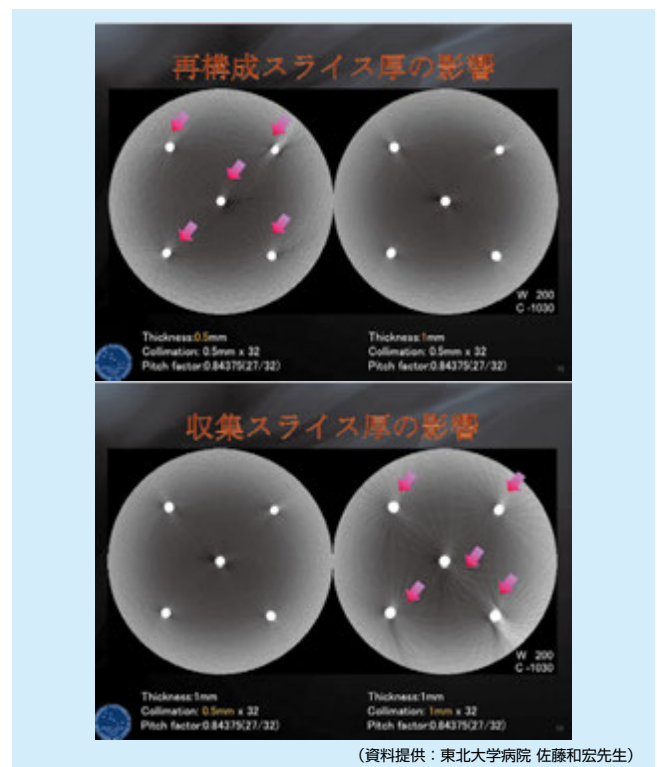


図4: 撮影条件によるアーチファクト比較

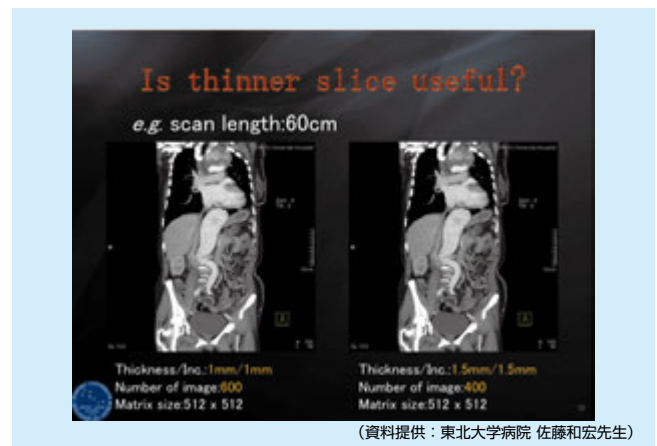


図5: Thin Slice画像の有効性

(2) 心電同期撮影 (図6)

Prospective Scan(Non-Helical)は被曝は少ないが機能解析はできない。一方、Retrospective Scan(Helical)はSegment再構成を併用することで高心拍にも対応できる。しかし、心拍変動があった場合に各Segment時間幅が変化し、時間分解能が変わる点を認識する必要がある。検査目的、被曝や患者心拍数などを考慮し、適宜最適な方法を選択することが重要であるが、時間分解能を高めるためにはシャッタースピードを上げるか、 β -Blockerにより動きを遅くする努力が重要である。

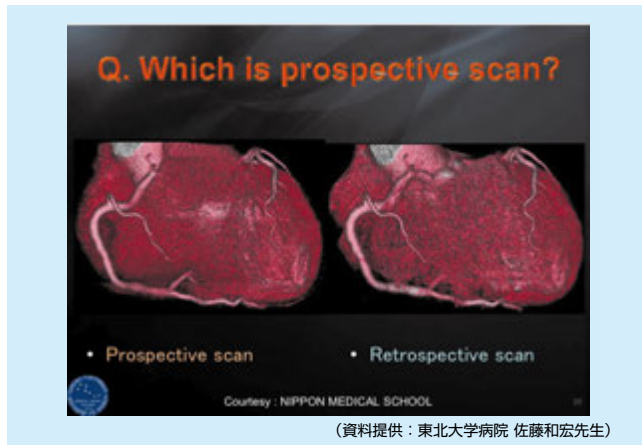


図6: Retrospective vs. Prospective

(3) Next Stage

64列CTで解決すべき課題として、均質で安定した画質と撮影線量の高いレベルでのバランス、時間分解能向上と高心拍・心拍変動への対応を挙げた。最後に多管球CTの特許を紹介した。アイデアそのものは古くから存在していたことを示し、先人の思想を研究することも重要であるとして結んだ。

2. 高速スキャン、高画質、低被曝を支える基盤技術

2.1 高速スキャンと高画質

(1) ビュー数

回転速度の上昇に伴い1回転当たりのビュー数を決めるデータサンプリング周波数も高くすることが重要である。最速スキャンタイムでも十分なビュー数を確保することで、オフセンターの空間解像度劣化を抑制し、FOV周辺でのStreak Artifactを低減できる。1断面当たりの時間分解能を高めても、画質に関して妥協せずに一般的な広範囲撮影で最速スキャンタイムが利用できる。広範囲撮影で重要なボリューム当たりの時間分解能の向上が期待できる。

(2) ビーム幅と散乱線

コーン角を大きくすることで散乱断面積が大きくなり、体軸方向の散乱線が無視できなくなってくるのが予想される。Monte Carloシミュレーションによれば、160mmで23%の散乱線が混入する(自社比)。その結果、CNRが7%程度低下する。ASG(Anti-Scatter-Grid)を2次元化構造とすることで散乱線を低減し、画質を改善することが期待できる。

(3) 再構成アルゴリズム

コーンビーム再構成はワイドコーン角CTでは必須となるが、Weighted-Parallel Feldkamp系のアルゴリズムCOREと、コーンビーム再構成対応の新型高速再構成ボードを開発した。各ボクセル毎に再構成ビュー範囲を決定することで、最小のコーン角のデータから逆投影が可能となる。これにより、同一画質で35%ヘリカルピッチが高速化でき、同一ピッチでは35%コーン角が狭くなるためコーンビームアーチファクトが低減できる(図7)。

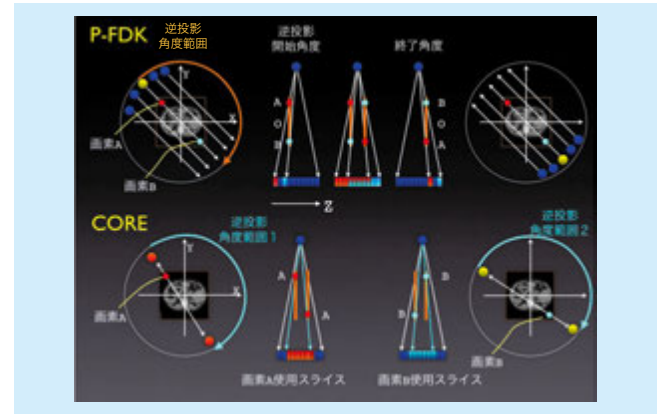


図7: 日立コーンビーム再構成(CORE)の概念図⁵⁾

さらに、従来からPETなど核医学系の診断装置では一般的であった繰り返し再構成法(Iterative Reconstruction Algorithm)のX線CT装置用アルゴリズムについても開発中である。コーンビームアーチファクトの低減や、画像ノイズ低減(約30%)が可能な見通しを得ている(図8)。被曝線量低減効果としては50%程度が期待できる。

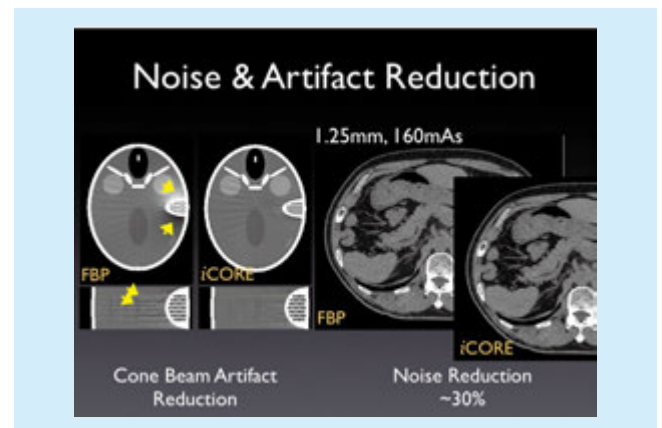


図8: X線CT装置用繰り返し再構成法

2.2 低被曝

NCRP(National Council on Radiation Protection and Measurements)の報告⁶⁾によれば、2006年の米国民の年間被曝の内、医療被曝は50%を占め、CT装置による被曝はその半分の25%を占める。ALARA(As Low As Reasonably Achievable)のコンセプトに沿って、画質と被曝のバランスを最適にすることが求められている。CNR-Index法はSD-Index法を進化させたものだが、最終的には患者ごとの管電圧まで含めた最適化が可能と考えている。

さらなる被曝低減へのアプローチとして、患者テーブルの横移動機構についても開発を進めている。ガントリ内部のコンポーネント配置を見直すことで、広い開口を確保した。その恩恵により横方向に±80mmの可動範囲を確保した。これにより特に心臓などの関心領域を回転中心に近づけ、空間解像度劣化を抑制することが可能である。また、回転中心では時間分解能のばらつきも小さくなることから、心臓などの動きの速い臓器においても画質の安定性向上に寄与すると考えられる(図9)。

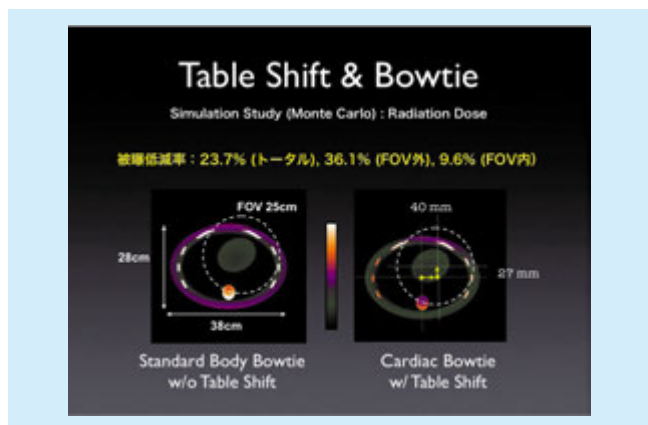


図9：被曝低減へのアプローチ

3. まとめ

産学連携セミナーの内容についてまとめた。1968年にCT装置が発明されてから約40年、Helical Scanが登場して約20年が経過した⁷⁾。さらに、マルチスライスCTが登場して約10年が経過し、次の10年に差しかかったところであるが、高速スキャン、広範囲スキャン、高解像度、Multi Energyなど新たな進化の方向性を模索している段階にある。CT装置の原理的で不変な課題に対しては継続した進化が必要であり、本セミナーでは、現状理解と課題の再認識、さらに進化の方向性について改めて考える機会とした。

参考文献

- 1) 船間芳憲, ほか: MDCTにおける低線量化技術の現状と今後の展望, MEDIX-Vol. 51 Vol. 48.
- 2) Funama Y, et al.: Radiation dose reduction without degradation of low-contrast detectability at abdominal multisection CT with a low-tube voltage technique: phantom study. Radiology. 2005 Dec; 237(3): 905-10.
- 3) Nakayama Y, et al.: Lower tube voltage reduces contrast material and radiation doses on 16-MDCT aortography. AJR Am J Roentgenol. 2006 Nov; 187(5): W490-7.
- 4) Funama Y, et al.: Cone-Beam Technique for 64-MDCT of Lung: Image Quality Comparison with Stepwise (Step-and-Shoot) Technique, AJR, 192; 273-278, 2009.
- 5) Goto T, et al.: Weighted-Feldkamp Algorithm with Selective Narrowest Cone Angle Data for Cone Beam

CT. The 8th Int. Meeting on Fully 3D Image Reconstruction in Radiology and Nuclear Medicine. 189-192.

- 6) http://www.ncrponline.org/Press_Rel/Rept_160_Press_Release.pdf
- 7) <http://www.jira-net.or.jp/vm/aetas.html>