

## NEQ を用いたマルチスライス CT の体軸方向における画質評価

五味 勉, 春日 敏夫<sup>†</sup>, 角谷 眞澄<sup>††</sup>, 宮地 利明<sup>†</sup>  
越田 吉郎<sup>†</sup>, 安藤 隆<sup>†††</sup>, 上田 仁<sup>†††</sup>, 佐々木 祥之<sup>†††</sup>

金沢大学大学院医学系研究科保健学専攻・〒920-0942 金沢市小立野 5-11-80

<sup>†</sup>金沢大学医学部保健学科・〒920-0942 金沢市小立野 5-11-80

<sup>††</sup>信州大学医学部放射線医学教室・〒390-8621 松本市旭 3-1-1

<sup>†††</sup>信州大学医学部附属病院中央放射線部・〒390-8621 松本市旭 3-1-1

(2002 年 4 月 3 日, 最終 2002 年 7 月 29 日)

## Evaluation of Characteristic of Longitudinal Direction in Multi-slice CT using NEQ

Tsutomu GOMI, Toshio KASUGA<sup>†</sup>, Masumi KADOYA<sup>††</sup>, Tosiaki MIYATI<sup>†</sup>, Kichiro KOSHIDA<sup>†</sup>  
Takashi ANDOU<sup>†††</sup>, Hitoshi UEDA<sup>†††</sup> and Hiroyuki SASAKI<sup>†††</sup>

Graduate School of Medicine, Course of Health Sciences, Kanazawa University

Kodatsuno 5-11-80, Kanazawa, Ishikawa 920-0942, Japan

<sup>†</sup>School of Health Sciences, Faculty of Medicine, Kanazawa University

Kodatsuno 5-11-80, Kanazawa, Ishikawa 920-0942, Japan

<sup>††</sup>Department of Radiology, Shinshu University School of Medicine

Asahi 3-1-1, Matsumoto, Nagano 390-8621, Japan

<sup>†††</sup>Department of Radiology, Shinshu University Hospital

Asahi 3-1-1, Matsumoto, Nagano 390-8621, Japan

(Received April 3, 2002, in final form, July 29, 2002)

**Abstract:** We analysed of the images generated with multi-slice CT in the longitudinal direction(Z) and assessed the noise equivalent quanta(NEQ)evaluation. Evaluation of image quality in NEQ, was possible to accuracy of reappearance in low at high frequency characteristics. In addition, NEQ information was confirmed of usefulness in compared with Winer spectra and MTF method. Examination results suggest that the quantitative analysis in characteristics of image noise and image resolution at multi-slice CT images can provide an optimal parameter for improving quality of images in clinical data.

**Key words:** multi-slice CT, NEQ, image quality, image analysis, quantitative analysis

### 1. 緒言

マルチスライス CT(MD-CT)は、多くの臨床的有用性を確立したと言っても過言ではなく、特にフィルタ補間を使用した雑音特性の改善、多チャンネル検出器を有効利用した検査スループットの向上、臨床応用分野において高精度の三次元画像構築を支援するモダリティとしての有用性等が特徴として挙げられる。MD-CTにおいて、臨床目的に合った最適なスキャンパラメータを適用していくためには、多

チャンネル検出器機構特有の物理特性や、フィルタ補間によって生成される画像の諸特性について理解を深めることが重要である。現在、これらの特性を解析するための評価法としては、解像特性と雑音特性がある。一般的な MD-CT の体軸方向における画質評価では、雑音特性に関しては標準偏差(SD)[1-4]とデジタルウィナーズスペクトル[5]を用いた評価が、解像特性においては、section sensitivity profile(SSP)から modulation transfer function(MTF)を求める方法が挙げられる[3-8]。しかしながら、雑音特

性と解像特性を別々に評価していく方法のみでは、光子数の統計的変動や信号検出を考慮した信号対雑音比という概念に基づいた画質評価に結びついていない。この信号対雑音比に相当する画質評価として、noise equivalent quanta (NEQ) [11-13]がある。NEQは、生成された画像の諸特性を統合的に評価できる指標とされている。

最近のNEQに関連した評価報告では、佐藤らがフラットパネルディテクタシステムの画質評価に使用し[14]、宮地らはsignal-to-noise ratio (SNR)という概念を用いて、MRIにおける画質評価の有用性を述べている[15-16]。本論文では、NEQを測定してMD-CTの体軸方向における再構成画像の画質評価を行った。また、MD-CTにおいてこれらの解析を行うことの有用性を考察する。

## 2. 方法

MD-CTの画像を評価するためには、体軸方向に連続したボリュームデータが存在するため、スライス厚やヘリカルピッチなどが及ぼす体軸方向(Z軸)の特性を評価する必要がある。NEQを算出する際のMTF、デジタルウィナーズスペクトルは、以前われわれが検討を行った測定データ[5]を基に、体軸方向における再構成間隔を可変させたデータを追加して使用した。これは、multi-planar reconstruction (MPR)や3D画像の画質に再構成間隔のサイズが大きく関与しているためである。再構成間隔は、1mmスライス厚で0.2mm、0.5mm、0.7mm、3mmスライス厚で0.7mm、1.5mm、2.2mm、5mmスライス厚で1.2mm、2.5mm、3.7mmとした。ヘリカルピッチは2.5、3.0、3.5、4.5、5.0、5.5、6.0とした。

デジタルウィナーズスペクトルを $WS(u)$ 、MTFを $MTF(u)$ 、システムの入出力特性を $G$ とすると、信号対雑音比による統合的な画質評価指標のNEQ[11]は下式より算出される。

$$NEQ(u) = \frac{G^2 \cdot MTF^2(u)}{WS(u)} \quad (1)$$

なお、CTにおいては $G$ は1とみなすことができる[9,10]。

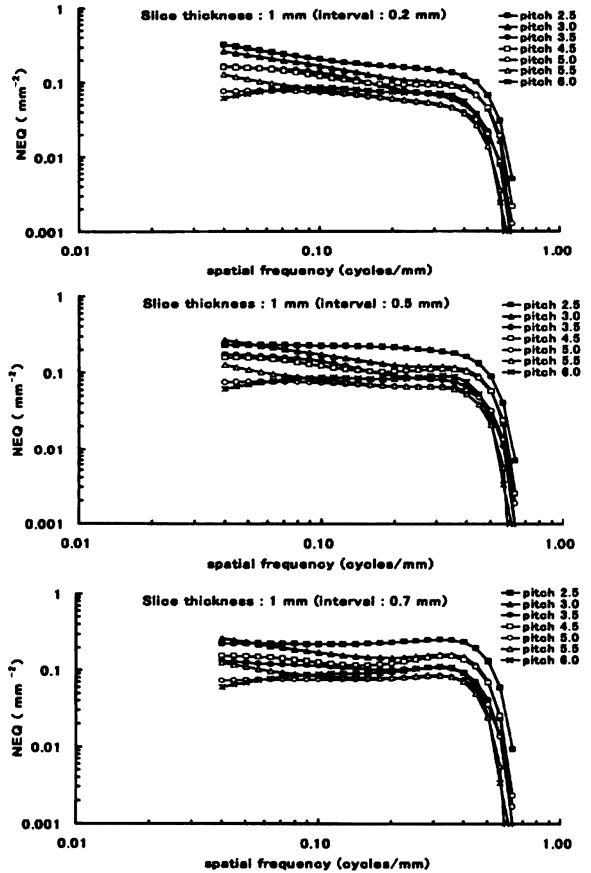


Fig. 1 NEQ in different helical pitches with slice thickness of 1mm. (reconstruction interval 0.2mm, 0.5mm, 0.7mm)

## 3. 結果

Fig. 1～Fig. 3に各スライス厚と再構成間隔別にヘリカルピッチを変化させた時のNEQの比較を示す。スライス厚1mmではヘリカルピッチの高・低に関わらず、低周波から高周波までNEQの値に大きな変動はなく、一定の画質が得られていることを示した。3mm以上のスライス厚になると、低周波から高周波にかけてNEQ値が上昇していく傾向にあった。再構成間隔の違いでは全てのスライス厚で再構成間隔が大きくなるに従い、NEQ値が僅かながら上昇していく傾向となった。全てのスライス厚で、高ヘリカルピッチに比べて低ヘリカルピッチの方が高いNEQ値を呈した。

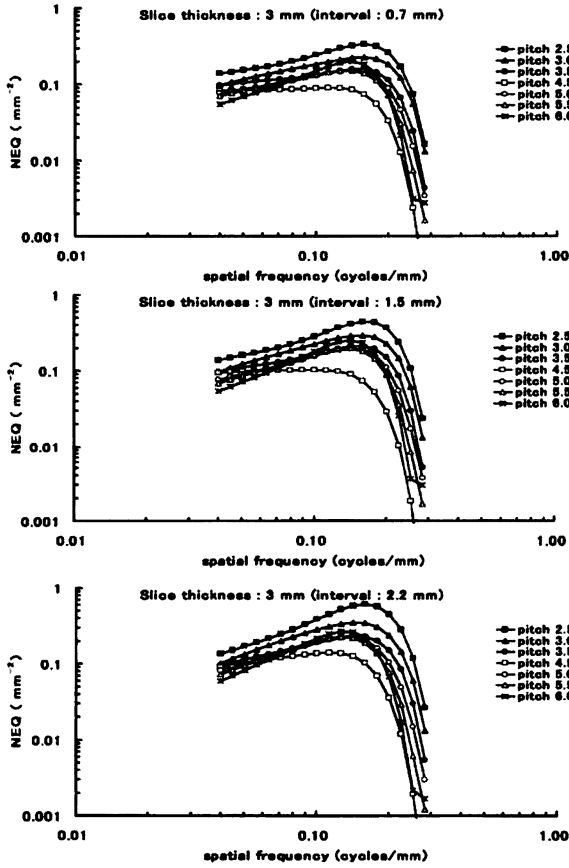


Fig. 2 NEQ in different helical pitches with slice thickness of 3mm. (reconstruction interval 0.7mm, 1.5mm, 2.2mm)

#### 4. 考 察

マルチスライスCTに限らず一般的なCT画像の特徴は、解像特性と雑音特性がトレードオフの関係にあるということである。これは、画質を左右する要因としてスライス厚の幅が大きく関与しているためである。このため、薄いスライス厚では微小病変を忠実に再現することが可能になるなど、空間分解能が向上する一方、光子数の減少によって統計的雑音が増大する。また、スライス厚を厚く設定して撮影した画像においては、この傾向は逆となる。これらの特性を持ち合わせたCT画像を評価していくためには、雑音特性と解像特性を吟味した解析法による評価が必要になってくる。MTFやウィナー

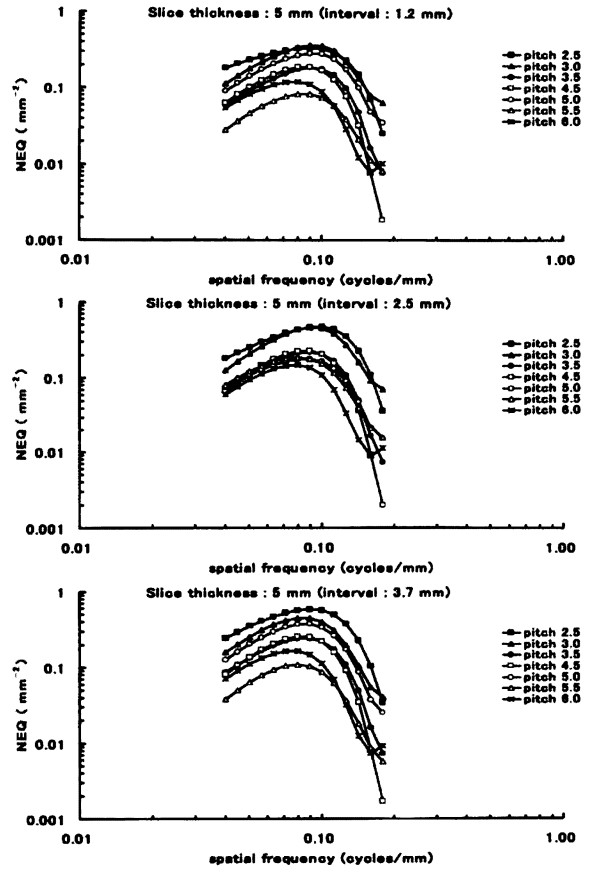


Fig. 3 NEQ in different helical pitches with slice thickness of 5mm. (reconstruction interval 1.2mm, 2.5mm, 3.7mm)

スペクトルの個々の情報からでも両者を照らし合わせていくことにより、ある程度の評価は可能であるが、雑音特性と解像特性による信号対雑音比を考慮した統合的な評価を行うには客観的なデータが不足している。この欠点を補う評価がNEQである。加えて、NEQは画質改善を行うための指標も提供する。例えば、胸部や腹部のようにスキャン時に息止めを必要とする場合、患者の状態によっては息止める時間が長くとれないケースがある。この場合、スライス厚の設定はそのままにして、ヘリカルピッチを大きくすることで検査のスループットを向上させることが多い。この際、ヘリカルピッチの増大に伴う画質低下を避けて低いヘリカルピッチと同等な画質を得るためには線量を増加させることが一般的

である。線量増加の指標はNEQを参照することで、どの程度増加させれば同等な画質とすることが可能になるかを間接的に知ることができる。

ただCTシステムにおいて、NEQを評価する場合に注意しなければならない問題もある。通常、再構成間隔が大きくなっていった場合に、体軸方向の補間処理(直線補間)の影響が大きくなるため解像度は劣化傾向となる(雑音は減少)。ここで再構成間隔が大きくなるとNEQ値が僅かながら上昇傾向にあるのは、画質が向上しているという意味ではなく、体軸方向に伸びたボクセルサイズによって雑音の減少(ウィナースペクトル値の低下)が大きくなったことが起因していると考えられる。つまり、解像特性の劣化よりも再構成間隔の拡がりによるスムージング効果の影響が大きく反映された結果ではないかと考える。スライス厚が厚くなるに従い、ナイキスト周波数を境として高周波側でNEQ値が上昇している傾向も同様にして考えることができる。薄いスライス厚では高周波領域までウィナースペクトル値が一定であるが、スライス厚が厚くなるに従い低周波から高周波にかけてウィナースペクトル値の低下していく割合が大きくなっている[5]。一方MTF値は一定の変化で低下していく傾向であることから[5]、ウィナースペクトル値の低下変動が大きくなる周波数帯域ではNEQ値は上昇傾向になる。これらのことを考慮すると、NEQ単独の評価だけではなく、MTFやウィナースペクトルの結果も併せて考慮していく必要があることを喚起した結果であると言える。

NEQは表示方法の効果や人間の視覚特性を考慮しておらず、更に、臨床画像における各種の病変や複雑な正常構造の効果も考慮していないことが指摘されている[11-13]。また、全く異なった形のMTFや、全く異なるレベルのウィナースペクトルを持つ評価に対しては相当の注意を払う必要があることが提起されている[12]。NEQの結果を議論する場合、高解像度で高いノイズレベルを含むシステム系と低解像度で低いノイズレベルを含むシステム系とでは結果的にNEQが同一となる場合がある。CTシステムにおいては、スライス厚設定による幾何学的条

件の他に補間や画像再構成のパラメータ等が加わるために、同一のスライス厚で撮影された画像系であっても、再構成パラメータ(補間法、ヘリカルピッチ、再構成間隔等)によってNEQの値が異なる傾向を示すこととなる。加えて、マルチスライスCT画像の生成に大きく関与する種々の再構成パラメータの影響を反映させたNEQを算出することで、スライス厚設定による幾何学的条件以外の影響も考慮に入れた評価データとして利用することができる。これは撮影条件、画像再構成パラメータの異なる画像系列を等価的に評価しているため、臨床使用における被曝線量の考慮あるいは画像再構成パラメータの相違による線量増減を設定するための指標として有効に活用することが可能になるとと思われる。

## 5. 結 語

NEQによる解析では、雑音特性と解像特性による評価法からは得られない有益な情報を提示していることが確認された。特に、NEQを用いた画質改善のための線量指標の推定は、臨床应用到有用であると考えられた。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、ご協力いただきました信州大学医学部附属病院中央放射線部技師諸兄に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] Hui H: Multi-slice helical CT: Scan and reconstruction, *Med.Phys.*, 26(1), 5-18, 1999.
- [2] Taguchi K and Aradate H: Algorithm for image reconstruction in multi-slice helical CT, *Med. Phys.*, 25(4), 550-561, 1998.
- [3] 山本修司, 上甲 剛, 松本 貴, 他: マルチスライスCTにおける画質の基礎物理評価, *日放技学誌*, 56(12), 1447-1453, 2000.
- [4] Kalender WA and Polacin A: Physical performance characteristics of spiral CT

- scanning, *Med. Phys.*, 18(5), 910-915, 1991.
- [5] 五味 勉, 春日敏夫, 角谷真澄, 他: マルチスライス CT における画像の雑音及び解像特性を評価するための定量解析の有用性, *日放技学誌*, 58(2), 281-285, 2002.
- [6] 市川勝弘, 大橋一也, 櫻井貴裕, 他: Smart Helical の特性解析, *日本放射線技術学会第 26 回秋期学術大会一般研究発表後抄録*, p.62, 1998.
- [7] 市川勝弘: CT の画像評価, *日放技学誌*, 58(1), 37-40, 2002.
- [8] 市川勝弘: ヘリカル CT の物理, *INNERVISION*, 12(12), 74-77, 1997.
- [9] McCullough EC, Payne JT, Baker Jr HL, et al.: Performance evaluation and quality assurance of computed tomography scanners, with illustrations from the EMI, ACTA, and Delta scanners, *Radiology*, 120, 173-188, 1976.
- [10] Kalender WA, Perman WH, Vetter JR, et al.: Evaluation of a prototype dual-energy computed tomographic apparatus. I. Phantom studies, *Med. Phys.*, 13(3), 334-339, 1986.
- [11] ICRU Report No.54, *Medical Imaging-The assessment of Image Quality*, ICRU, Maryland, 1996.
- [12] 土井邦雄: デジタル X 線画像系の感度と被曝線量に関する考察, *日放技学誌*, 52(11), 1573-1577, 1996.
- [13] Mets EC, Wagner RF, Doi K, et al.: Towards consensus on quantitative assessment of medical imaging systems, *Med. Phys.*, 22(7), 1057-1061, 1995.
- [14] 佐藤昌見, 江口陽一, 山田金一, 他: フラットパネルディテクタシステムの画像評価, *日放技学誌*, 57(1), 68-77, 2001.
- [15] 宮地利明, 藤田広志, 真田茂, 他: MRI における SNR の空間周波数特性の評価, *医画情誌*, 18(2), 87-92, 2001.
- [16] 宮地利明: MRI の画像評価, *日放技学誌*, 58(1), 40-48, 2002.