

# 論 文 内 容 要 旨

## Improved Detectability of Hyper-Dense Nodules with Dual-Energy CT Scans: Phantom Study Using Simulated Liver Harboring Nodules

(Dual Energy CT による高吸収結節の検出能の改善：結節  
を含む模擬肝臓を使用したファントム研究)

Hiroshima Journal of Medical Sciences, 2018, in press.

主指導教員：栗井 和夫 教授

(医歯薬保健学研究科 放射線診断学)

副指導教員：田代 聡 教授

(原爆放射線医科学研究所 細胞修復制御)

副指導教員：田邊 和照 准教授

(医歯薬保健学研究科 消化器・移植外科学)

Enkhjargal BAYASGALAN

(医歯薬保健学研究科 医歯薬学専攻)

Dual Energy CT (DECT)とは、CTにおいて対象物を異なる2つの管電圧でほぼ同時に撮像する方法である。本技術は、CTが開発された1970年台には既に考案されていたが、データの解析法がやや煩雑なことや、CTの撮像速度が遅いため2種類の電圧の画像をほぼ同時に収集することが困難であったため、当時は普及するには至らなかった。その後、CT装置メーカー各社が独自に技術開発を進めた結果、現在では臨床現場にもDECTが導入されつつある。現時点のDECTの臨床応用としては、ヨード・水・脂肪などの物質弁別(Material decomposition)、電子密度画像、実効原子番号画像、仮想単色光画像(Virtual monochromatic X-ray imaging)等が検討されている。通常、CTにおいて使用されるX線は様々なエネルギーを含む多色エネルギーX線であるが、仮想単色光イメージングとは擬似的に単色X線で撮影されたようなCT画像を作成するものである。通常のCTでは、多色エネルギーX線のため、X線が被写体を通る過程で低エネルギーの成分が吸収され、高エネルギーの成分が残る「ビームハードニング効果」が生じ、CT画像上のアーチファクト(偽像)の原因となる。これに対して、DECTにおける仮想単色光イメージングはビームハードニング効果を著しく軽減することが可能である。従来のCTにおけるビームハードニング効果の影響としては、頭部CTにおいて頭蓋骨のすぐ内側の部分のCT値が上昇し(画像上白くなる)、くも膜下出血の診断に支障を生じる可能性があることはよく知られている。また、体格の大きな患者(例えば肥満の患者)では、体の中央に近い部分のCT値がビームハードニング効果により低下し(CT画像では黒くなる)、これにより肝臓腫瘍等の検出が低下する可能性があることも指摘されている。今回、申請者らは、DECTを使用することにより、ビームハードニング効果により生じる肝臓腫瘍の検出の低下を回避できるのではないかと考え、肝臓および肝腫瘍を模擬したファントムを作成し、通常CTとDECTの模擬肝腫瘍の検出能について比較検討を行った。

まず肝臓を模倣した楕円柱ファントムを3Dプリンター(Agilista 3200, Keyence)で作成した。ファントムの大きさは軸位断300×200mm、体軸方向50mmであり、素材はアクリル、内部CT値は60HU(ヒトの肝臓とほぼ同等)である。ファントム内部には球状の空洞(直径10mm)を102個作成した。多血性腫瘍を模擬するために、空洞内には背景と同じCT値(60HU)に調整したショ糖水溶液あるいはCT値70HUに調整したヨード造影剤・ショ糖・蒸留水の混合液を注入した。CT値70HUの水溶液は1-3箇所の空洞に注入した。楕円柱ファントムの外周にはアクリル性の円環状アタッチメントを装着し、ファントムのサイズを小300x200x50、中350x250x50、大400x300x50mmに変更できるようにした。ファントムの撮影は、320列CT(Aquilion One, キヤノンメディカルシステムズ)を使用し、管電圧120kVpで通常CT(Single energy CT: SECT)、135および80kVpでDECTを撮像した。撮影管電流については、SECTとDECTにおいて概ね一致するように設定した。前述の模擬多血性腫瘍の位置を替えてファントムのCT撮影を繰り返して行った。この結果、模擬多血性腫瘍を1個含むファントムが

4、2個含むものが12、3個含むものが14、模擬多血性腫瘍を含まないものが20となった。ファントムのサイズを変更して撮影を繰り返した結果、SECT、DECTともそれぞれ150枚のCT画像を作成した。定量評価として、大・中・小ファントムにおける模擬多血性腫瘍のコントラストノイズ比(contrast noise ratio: CNR)を測定した。次に、放射線診断医5名が参加して、多血性腫瘍検出のための読影実験を実施した。

小ファントムにおけるSECTのCNRは1.20、DECTのCNRは1.74、中ファントムにおけるSECTのCNRは0.58、DECTのCNRは1.41、大ファントムにおけるSECTのCNRは0.18、DECTのCNRは1.24であり、いずれのサイズのファントムにおいてもCNRはDECTにおいて統計学的に有意に高かった( $p < 0.01$ )。放射線診断医による読影実験の結果では、AUCの平均はSECTが0.50(SD0.14)、DECTが0.77(SD0.07)でDECTの方が統計学的に有意に高かった( $p = 0.012$ )。

CNRの検討では、SECT・DECTのいずれにおいても、ファントムサイズが大きくなるにつれて模擬多血性腫瘍の検出が低下したが、低下の割合はSECTの方が高かった。これはサイズが大きいファントムほど、ビームハードニング効果が強く現れるためと考えられた。また、ROC分析による放射線科医による模擬多血性腫瘍の検出においてもDECTにおいて有意に検出能が向上しており、DECTではビームハードニング効果が抑制されることにより多血性腫瘍の検出能が向上したものと考えられた。以上より、DECTは、サイズの大きな被写体においてもある程度のビームハードニング効果を抑制することができることから、生体においても多血性肝腫瘍の検出能を改善することが可能と期待される。