

# 金属球を用いた CT の時間分解能の新しい測定法

## 要旨

新しく考案した金属球による CT の時間分解能測定法について検討する。この方法では、CT のガントリ内に向けてスライス面と垂直方向に高吸収物質（金属球）を高速に通過させながら撮像し、微小なスライス間隔で再構成した画像の ROI 測定より Temporal sensitivity profile (TSP) を得る。得られた TSP から時間分解能の評価が可能である。金属球には遊技用の直径 11mm 鋼製のものを使用し、自作した金属球発射台を用いて、ビームピッチ、回転速度、スライス厚を変えて得られた TSP から full width half maximum (FWHM) を測定し比較検討した。ピッチが大きくなると FWHM は小さくなり、時間分解能は向上する。しかしある程度まで大きくすると、それ以上の向上は見られなかった。回転速度が大きいと FWHM は小さく、時間分解能は向上した。スライス厚は 16 列の multi detector-row CT (MDCT) では薄くするほど時間分解能の向上が見られたが、64 列の MDCT では依存性は見られなかった。本測定法により高い精度を持った時間分解能の評価が可能となった。また、スキャン条件による TSP の変化を詳細に調べることが可能となり、その有用性が示唆された。

## I. 緒言

Multi detector-row CT (MDCT) の登場により CT の高速化が進む中で、CT 画像の時間分解能は重要な画質特性となりつつある。従来、辻岡らは、時間分解能の評価を回転するアクリルロッドを用いて、移動アーチファクトの軌跡の信号強度から Temporal sensitivity profile (TSP) を得る方法で行った。しかしこの方法は移動アーチファクトを利用するため、測定法自体の時間分解能が劣るという問題点があった。TSP とは再構成された 1 枚の CT 画像の中にどれだけの時間的要素が含まれているか、また、その時間ごとに感度はどのように変化するかを表す指標として用いられる。本研究では、金属球をスライス面と垂直に高速に通過させてインパルス信号は発生させ、その応答を再構成画像から測定することで TSP を得る方法を考案し、その方法にて CT のビームピッチ、回転速度、スライス厚を変えて得られた TSP から full width half maximum (FWHM) を測定し比較検討した。

## II. 測定原理

時間分解能は、時間領域のインパルス信号に対する応答から測定できる。図 1 に時間領域のインパルス信号、図 2 にそれに対する出力信号の時間応答の例を示す。TSP の測定にはインパルス信号源として、スライス面に一瞬だけ現れる高吸収物質が必要である。本実験では高吸収物質として金属球を用いて、ガントリ内を高速で通過させることで、スライス面に一瞬だけ現れる高吸収物質を得た。微小なスライス間隔で再構成することで、微小な時間間隔の画像が得られる。その画像から CT 値を測定し、時間との関係を求めることで TSP が得られる。

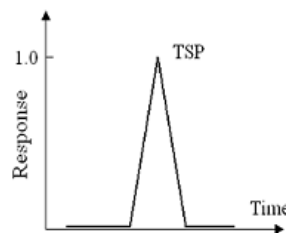
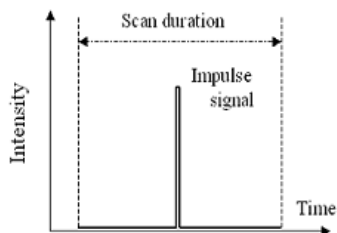


図 1 時間領域のインパルス信号

図 2 出力信号の時間応答の例

### III. 使用機器

遊戯用金属球（直径 11 mm 鋼製）

金属球発射台（自作）（図 3）

64 列 MDCT : GE 社製 LightSpeed VCT (VCT)

16 列 MDCT : GE 社製 LightSpeed Ultra16 (Ultra16)

32 列 MDCT : SIEMENS 社製 SOMATOM Definition (Definition)

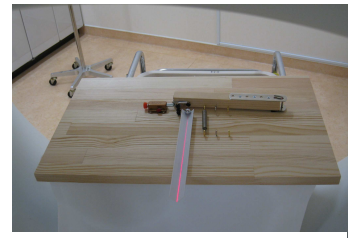


図 3 金属球発射台

### IV. 方法

金属球発射台を用いて金属球をガントリ内に向けてスライス面と垂直方向に高速に通過させる。短い時間間隔を得られるように、スライス間隔を設定し再構成画像を得る。スライス間隔  $SI$  から時間間隔  $TI$  の変換式は以下である。

$$TI = \frac{SI}{(N \cdot C \cdot BP) / R} = \frac{SI}{\text{寝台移動速度}}$$

(ただし,  $N$ : MDCT の使用検出器列数,  $C$ : 1 検出器列の幅,  $BP$ : ビームピッチ,  $R$ : 回転速度)

得られた再構成画像は金属球の直径にほぼ等しい帯状の画像となる。その回転中心付近の内側に ROI を設定し, CT 値を測定する。CT 値と時間との関係をグラフにすることで TSP を得る。各 CT 装置においてビームピッチ, 回転速度, スライス厚を変えて得られた TSP から FWHM を測定し, 比較した。ビームピッチは Definition で 1, 1.3, 1.5, VCT で 0.516, 0.984, 1.375, 回転速度は Definition で 0.33sec, 0.5sec, VCT で 0.5sec, 0.8sec, スライス厚は Ultra16 で 0.625 mm, 1.25 mm, 2.5 mm, 5 mm, VCT で 0.625 mm, 2.5 mm, 5 mm の条件で比較を行った。

### V. 結果

#### 1) ビームピッチ

図 4 はビームピッチを変えた場合の TSP である。図 5 は FWHM のビームピッチによる変化である。

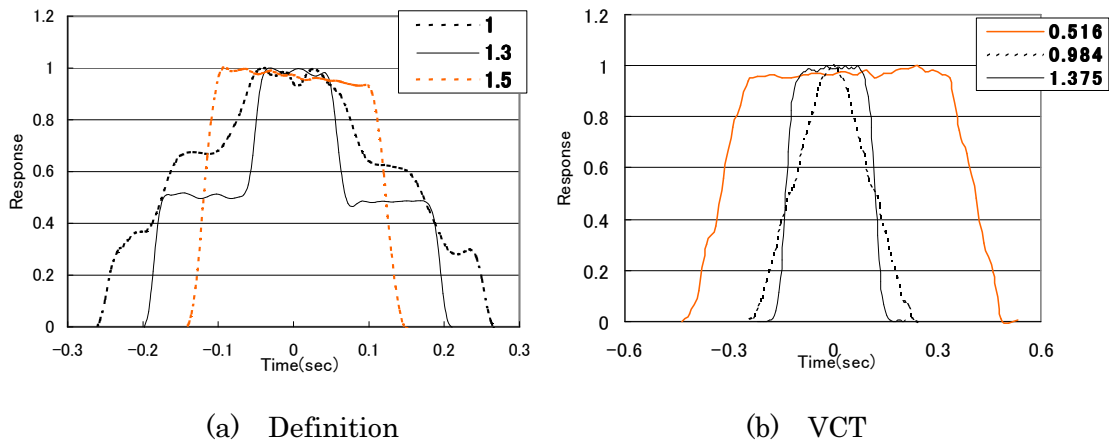


図 4 ビームピッチによる比較

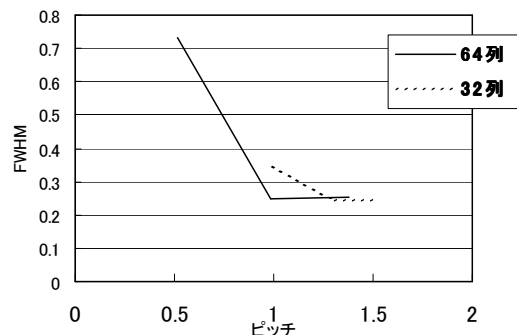
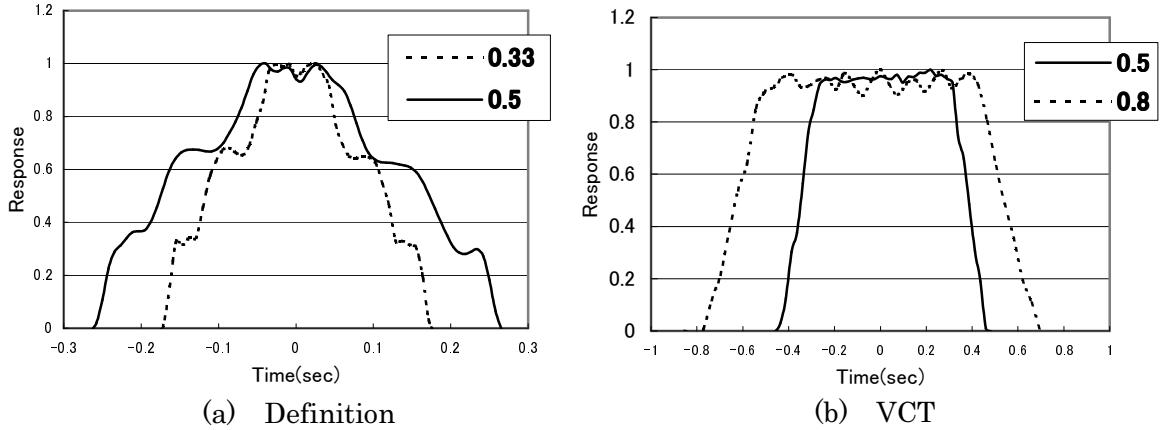


図 5 FWHM のビームピッチによる変化

ビームピッチによって TSP の形状は大きく異なり，条件によっては複雑な形状が得られた．ビームピッチが大きくなると FWHM は小さくなり，時間分解能は向上した．しかし，ピッチをある程度まで大きくすると FWHM の向上は見られず，FWHM で見る限りでは，それ以上，時間分解能は向上しないと考えられる．

### 2) 回転速度

図 6 は回転速度を変えた場合の TSP，図 7 は回転速度のビームピッチによる変化を示す．このとき，ピッチを Definition では 1.0，VCT では 0.516 で撮像した．



(a) Definition (b) VCT

図 6 回転時間による比較

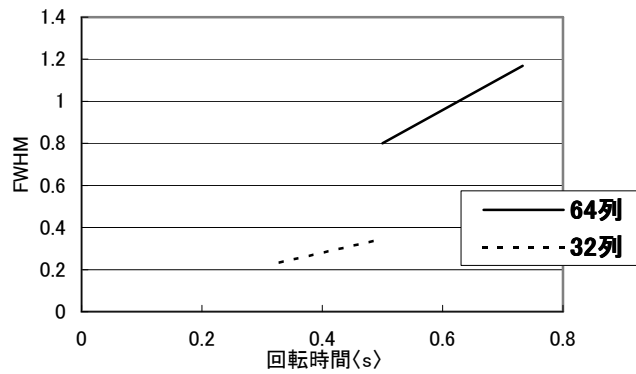
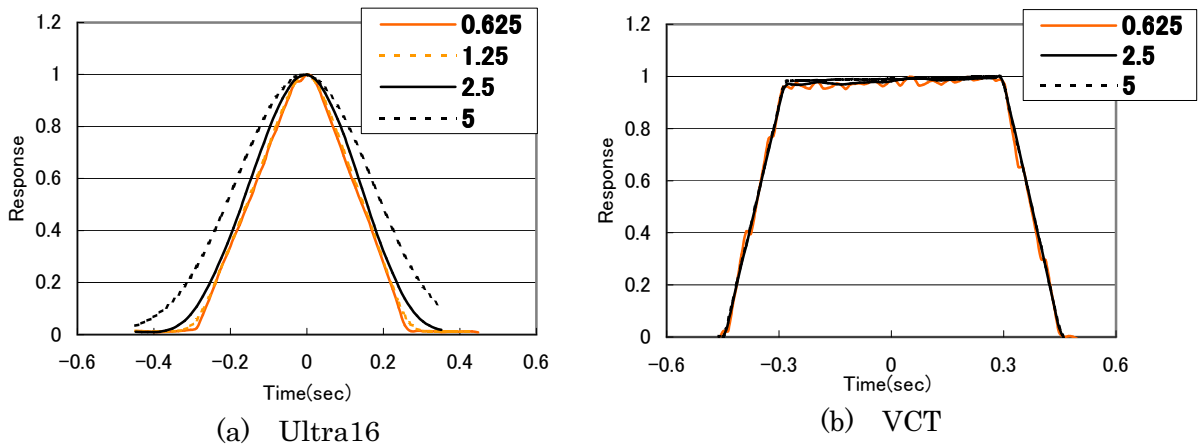


図 7 FWHM の回転時間による変化

回転速度によって形状は変化せずに，幅のみが変化した．また装置によって TSP の形状に違いが見られた．回転速度が大きい，すなわち 1 回転の時間が小さいほうが FWHM は小さく，時間分解能に優れる．

### 3) スライス厚

図 8 はスライス厚を変えた場合の TSP の変化である．



(a) Ultra16 (b) VCT

図 8 スライス厚による比較

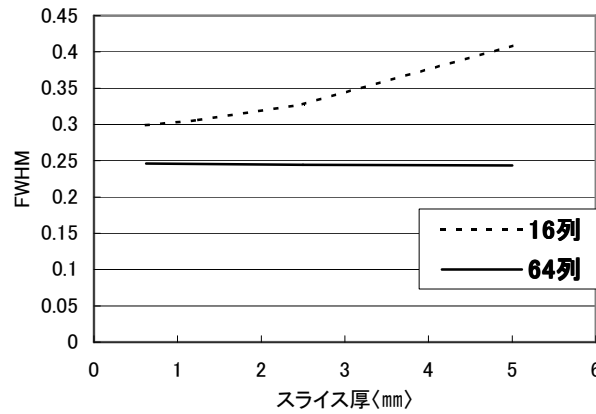


図9 FWHMのスライス厚による変化

図9はFWHMのスライス厚による変化を示している. このときのピッチはUltra16で0.938, VCTで0.984を用いた. Ultra16ではスライス厚が薄くなるほどFWHMは小さくなり, 時間分解能は向上した. しかし, VCTではスライス厚を変えても, FWHMは変化せず, 時間分解能の向上は見られなかった.

## VI. 考察

TSPの形状を急峻な変曲点を含めた測定できたことから, この測定法は非常に高い時間分解能を持つと言える.

ビームピッチを大きくすると時間分解能は向上する. しかし, ピッチを大きくすると, それ以上, 時間分解能は向上せず, その程度は装置によって異なった. 回転速度, スライス厚を変えた場合の変化は, CT装置によって違いが認められた. 64列のVCTではスライス厚依存は無く, 時間分解能に優れていた. これは, 64列はスキャン時のビーム幅が広く, すべてのスライス厚がそのビーム幅内に含まれるため, 再構成に使用される回転数に変化がなかったためと考えられる. FWHMの測定はTSPの形状によっては困難な場合があるため, FWHMだけの比較により時間分解能を評価することにはやや問題がある. 今後はさらなる解析的評価法が検討する必要がある.

## VII. 結語

スライス面を高速に通過する金属球体を用いた本測定法により, 高い精度を持った時間分解能の測定が可能となった. この方法によりスキャン条件によるTSPの変化を詳細に調べることが可能となり, その有用性が示唆された.

## IX. 参考文献

- 1) 市川勝弘, 高田忠徳, 原孝則, 他: CTにおける時間分解能の新しい測定法, 日本放射線技術会雑誌 64(9): 1172-1176, 2008
- 2) 辻岡勝美, 井田義宏, 大坪寛知, 他: X線CTにおけるTime sensitivity profile(TSP)の考案と測定法の開発—non helical scan, single slice helical scan, multi slice helical scanの比較, 日本放射線技術学会雑誌 56(12): 1461-1469, 2000