

第66回
学術大会

大会長賞を受賞して

Photon-counting CTにおける撮影モードの変化が
鮮鋭度に及ぼす影響

大阪大学医学部附属病院 中西 三春

この度は第66回近畿支部学術大会において大会長賞に選出いただきありがとうございました。諸選考に関わっていただきました皆様に厚くお礼申し上げます。また本研究にご協力いただいた大阪大学医学部附属病院医療技術部放射線部門の方々に深く感謝いたします。

今回受賞の対象になった研究は、近年新たに登場したPhoton-counting CT (PCCT) を使用し、鮮鋭度評価を行うことを目的にしたものです。PCCTは半導体検出器を用いているため高分解能撮影、また2管球機能を搭載しているため高速撮影が可能です。そこで胸部領域における鮮鋭度評価と高速・広範囲撮影のパラメータであるPitchの変化が鮮鋭度に与える影響について検討しました。

まず苦労したのは、撮影条件を決定させることでした。本研究で使用したPCCT装置NAETOM Alphaは4種類の撮影モードに分かれています。それぞれの撮影モード内でPitchや回転速度を細かく設定できるのですが、撮影モードによって設定可能な範囲が異なりました。それだけでなく鮮鋭度評価に重要なパラメータである焦点サイズが撮影時の消費電力(W)によって変化してしまうため撮影前に設定することができませんでした。そのため撮影条件の設定にかなり苦労しました。また、鮮鋭度評価にも労力を費やしました。本研究では従来鮮鋭度評価に広く用いられているMTFではなく、確率微分方程式を利用するという新たな方法で鮮鋭度評価を行いました。私自身入職してから初めての研究活動であったこともあり、慣れない解析方法に時間を要しました。

今回の研究では、従来CTに寄せた画像であるT3D画像を使用しており、仮想単色X線画像を使用した評価はできていないので、仮想単色X線画像のkeVを変調させて同様の評価をするとどのような結果になるのかについても評価していきたいと思いました。

最後になりましたが今回の受賞は、私がこれからも研究を続けていく上でとても励みになるものです。社会人として臨床を行いながら研究をする大変さもありますが、いずれ臨床現場に応用できるように日々尽力していきたいと思っております。この度は誠にありがとうございました。

Photon-counting CTにおける 撮影モードの変化が鮮鋭度に及ぼす影響

中西 三春¹, 川畑 秀一¹, 遠地 志太¹, 今井 國治²

1. 大阪大学医学部附属病院 医療技術部 放射線部門
2. 名古屋大学大学院医学研究科 総合保健学専攻

日本放射線技術学会 第67回近畿支部学術大会(京都)
2023.12.9(土) CT-1

この研究発表内容に関連する
利益相反事項はありません

研究背景



Photon-counting CT(PCCT)装置

(1) 半導体検出器 (Photon-counting Detector)

- ・ 高分解能撮影
→ 細気管支・微小血管の描出

(2) 2管球 (Dual-source)

- ・ 高速／広範囲撮影
→ 動きの影響を受ける領域
(心臓、呼吸、体動など)



画質特性(鮮鋭度特性)を把握することは重要！

目的



胸部領域を対象として、

- ・ 高分解能画像の鮮鋭度評価を行うこと
- ・ 高速／広範囲撮影のパラメータ(Pitch)が鮮鋭度に与える影響について基礎的検討を行うこと

使用機器



CT Scanner

NAEOTOM Alpha (Siemens社)
Dual-source PCCT

Scan Mode

z-coverage:

144 x 0.4 mm : STD(標準モード)

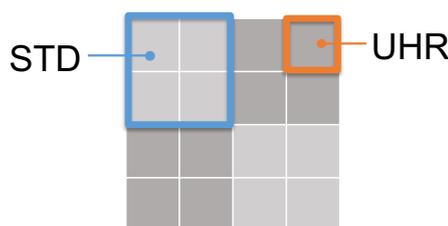
120 x 0.2 mm : UHR(高分解能モード)



1管球スキャン
Spiral scan
(S-scan)



2管球スキャン
Flash Spiral scan
(FS-scan)

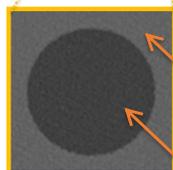
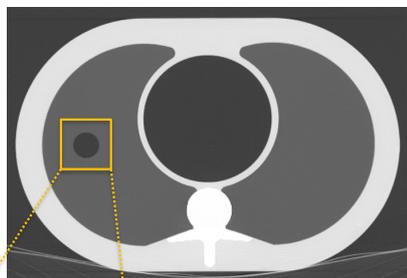


ファントムおよび撮影条件



Phantom

組織等価胸部ファントム (QRM社)



肺組織透過物質 (-800 HU)

空気 (-1000 HU) ... 20 mmφ

解析対象 : 肺野領域内の円筒状空気部

Scan conditions

kV	140 kV
Rotation Time	0.25 sec/rot
CTDI _{vol} (L)	7.7 ~ 16.0 mGy
Pitch	0.35 (S-scan), 1.0 (FS-scan)

Reconstruction settings

Slice Thickness	1.0 mm
D-FOV	50.0 mm
Kernel / QIR*	Br76 / Q2

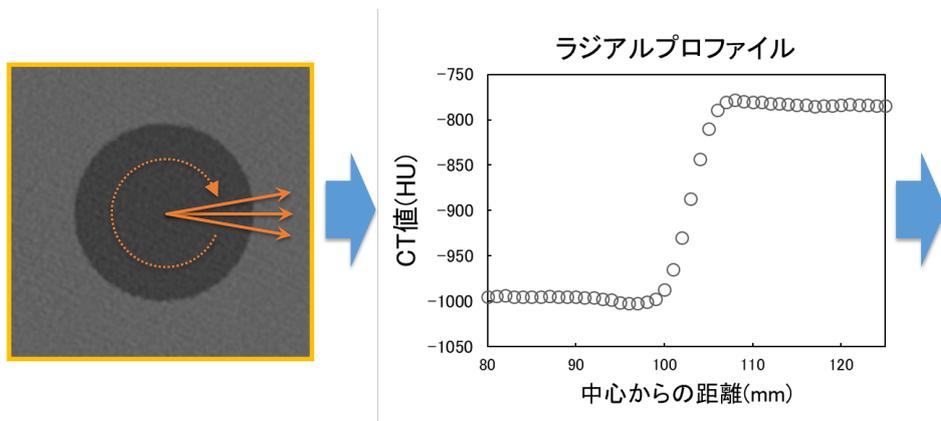
*逐次近似応用再構成の強度



T3D画像

(従来のCTに寄せた画像を得る再構成)

鮮鋭度評価法



評価法

- MTF, TTF
 - …空間周波数解析
 - …線形システムにおいて優れた解析法

(補足) MTF, TTF … Modulation Transfer Function, Task-based Transfer Function

方法① 不鮮鋭関数による鮮鋭度評価

● 確率微分方程式

$$dX(t) = \underbrace{\alpha X(t)dt}_{\text{信号}} + \underbrace{\sigma X(t)dw}_{\text{ノイズなどの確率的因子}}$$

- $X(t)$: プロファイル中の任意の位置 t におけるCT値
- α : ドリフト係数
- σ : 拡散係数
- W : 標準ウィナー過程

● エッジ信号を不鮮鋭関数としてモデル化

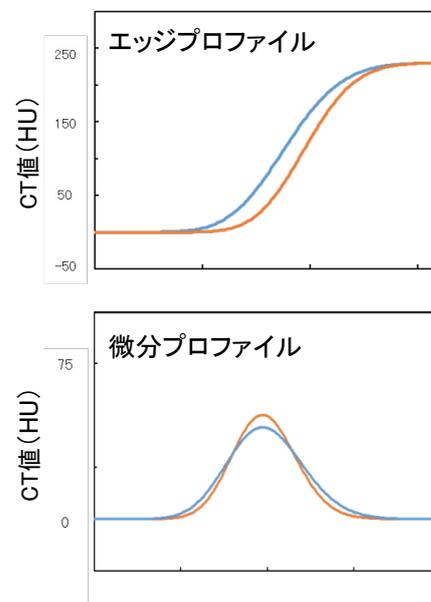
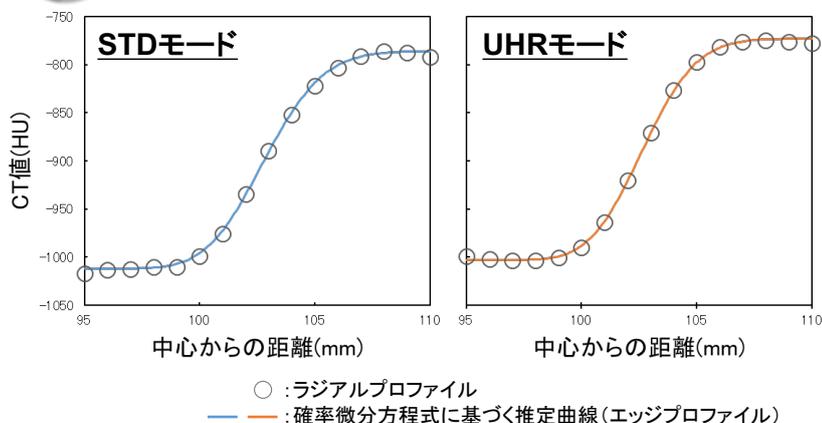
$$\underbrace{f(X(t), t)}_{\text{エッジ像のプロファイル}} = C_0 \int_{-\infty}^{g(t)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\zeta^2}{2}} d\zeta = C_0 \underbrace{\Phi(g(t))}_{\text{不鮮鋭関数}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} g(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{T-t}} \left[\lambda + \left(r + \frac{\sigma^2}{2} \right) (T-t) \right] \\ C_0 : \text{コントラスト} \\ T : \text{プロファイル長} \\ r : \text{プロファイル形状等に関連する変数} \\ \lambda = \ln 10^{-13} \end{array} \right.$$

K.Imai, Y.Yamamoto, K.Igarashi, et al. 信学技報(2022)

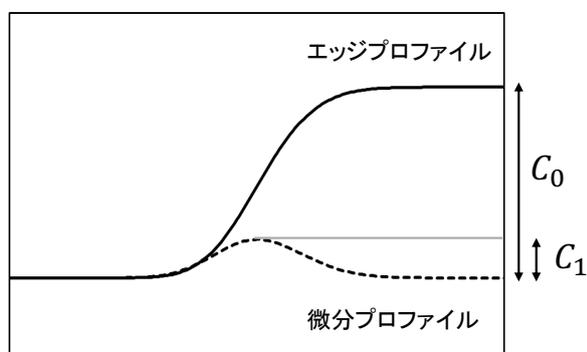
不鮮鋭関数による鮮鋭度評価を行った(非線形処理画像にも適応可能)

結果① 鮮鋭度評価の検証



確率微分方程式でモデル化したエッジプロファイルは
実際のプロファイルを推定できた

方法② 鮮鋭度指数による定量評価



鮮鋭度指数

$$\text{Sharpness Index} = \frac{C_1}{C_0}$$

$\left\{ \begin{array}{l} C_0 : \text{コントラスト} \\ C_1 : \text{微分プロファイルの最大値} \end{array} \right.$

鮮鋭度指数が大きいほど、鮮鋭度は高い

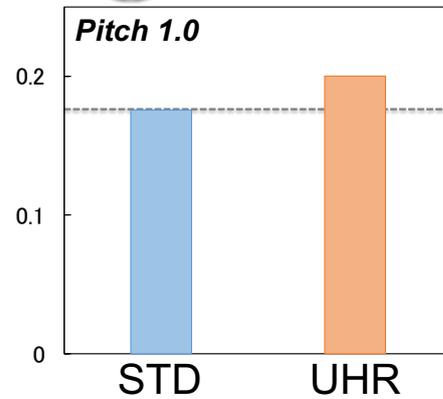
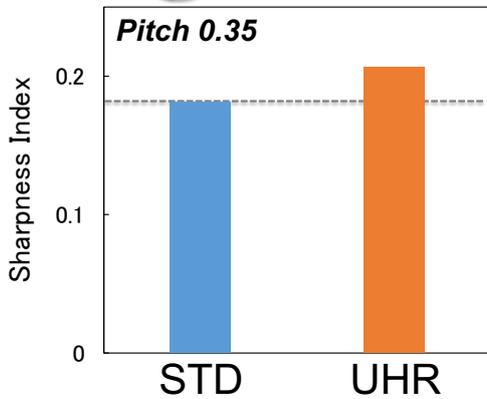
結果②-1 撮影モード (STD vs UHR) による影響



S-scan



FS-scan



鮮鋭度指数

STDモード < UHRモード



- 収集時の素子サイズが異なるため
- 焦点サイズが異なるため

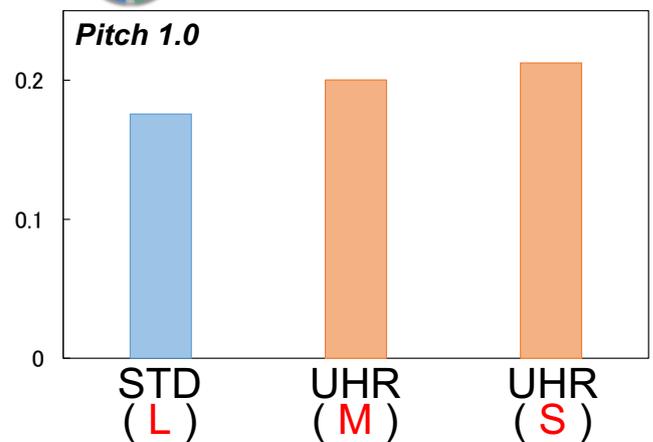
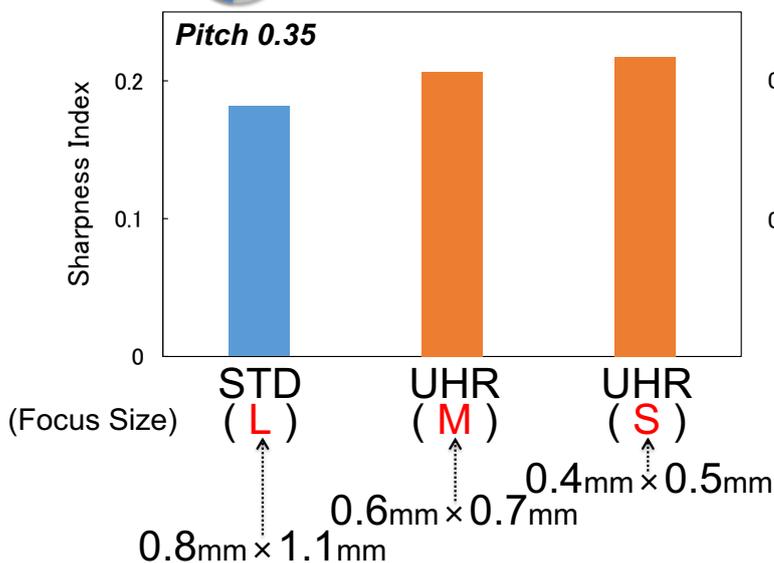
結果②-1 撮影モード (STD vs UHR) による影響



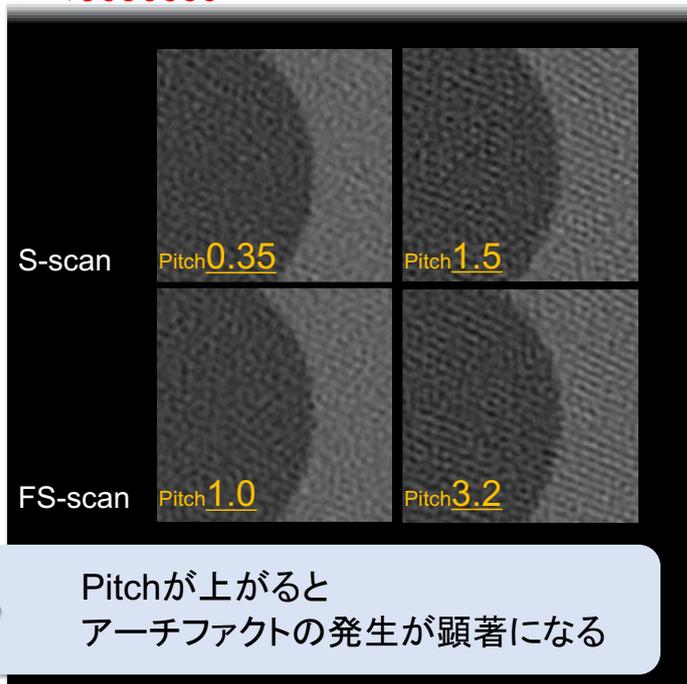
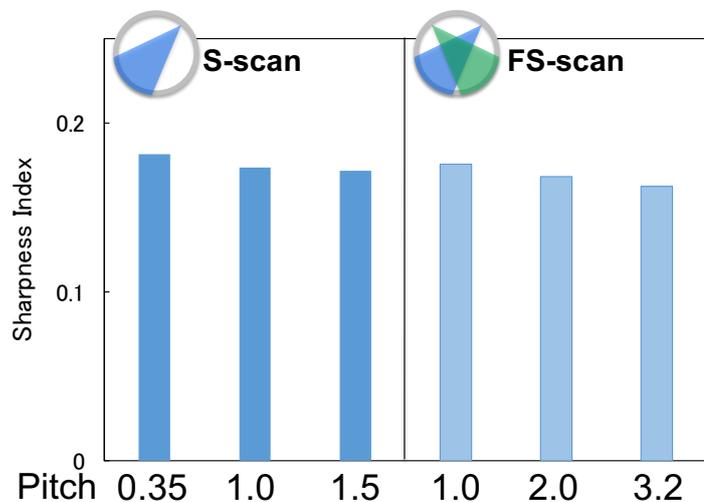
S-scan



FS-scan



結果②-2 Pitchによる影響 (STDモード)



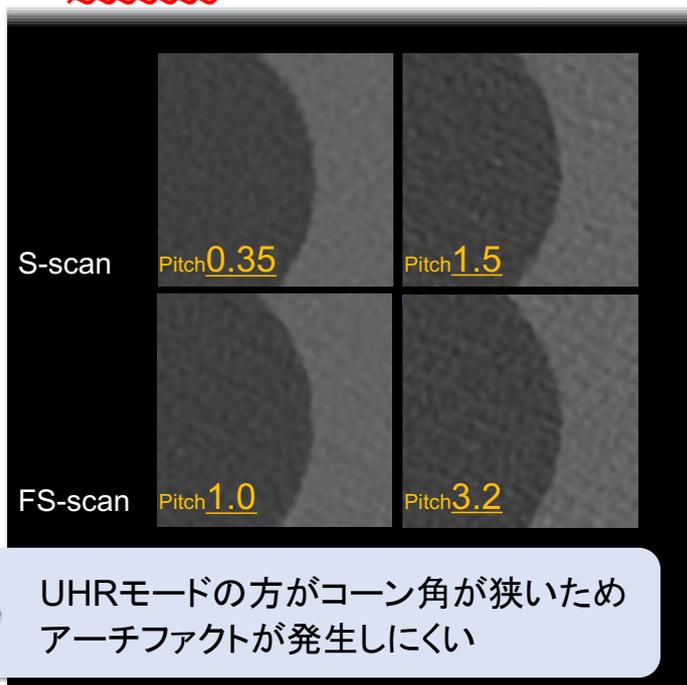
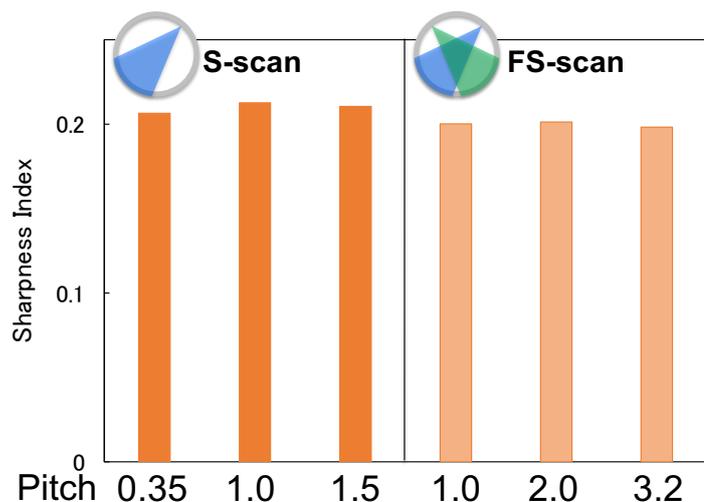
鮮鋭度指数

Pitchが上がるにつれて、下がる傾向

Pitchが上がると

アーチファクトの発生が顕著になる

結果②-2 Pitchによる影響 (UHRモード)



鮮鋭度指数

Pitchの変化に依存しない傾向

UHRモードの方がコーン角が狭いため
アーチファクトが発生しにくい

Limitation



- 鮮鋭度指数

G. Rüdinger et al, Fortschr Röntgenstr, Vol.57, No.1, p56-59, 1938

- ・ コントラストに基づく定量的指標
 - 微分プロファイルから導出される評価指標（尖度、歪度など）

- 画像ノイズの評価が行われていない

臨床画像における信号の見え方を評価する上で、総合的な評価が必要

結論



PCCT装置における胸部領域画像の鮮鋭度評価

- 撮影モード(高分解能モード : UHRモード)の影響
- Pitch変化の影響



- UHRモードは、STDモードよりも鮮鋭度が高くなった
- アーチファクトやノイズの影響は受けるものの、Pitchを変化させても、鮮鋭度は大きく変化しなかった