

直接変換型及び間接変換型 FPD における画質特性の比較

要旨

直接変換型 Flat Panel Detector(FPD)(島津メディカルシステム)及び間接変換型 FPD(フィリップスメディカルシステム)における画質特性 (特性曲線, Modulation Transfer Function : MTF, Wiener Spectrum : WS, Signal to Noise Ratio : SNR) を線質を変化させて測定し, 比較した. IEC 61267 に定められている RQA 5 の線質を用い, 特性曲線はタイムスケール法により測定した. MTF はタングステン製エッジを撮影し, その画像データから測定した. WS は $2.58 \times 10^{-7} \text{C/kg}$ 及び $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$ の線量で同様曝射した画像データより測定した. MTF と WS は RQA3 及び RQA5 のそれぞれの線量について測定した. SNR は $\text{MTF}(u)^2/\text{WS}(u)$ から求めた. 特性曲線については, 良好な直線性が確認できた. MTF については, 直接変換型の方が良い結果が得られた. WS については, 間接変換型の方が良いことが確認された. また, 間接変換型で RQA3, RQA5 の結果に違いが見られた. SNR については, RQA3 は高周波で直接変換型が優れ, RQA5 は低周波で間接変換型が良く, 高周波で直接変換型が良くなった.

I. はじめに

近年, 放射線診断において, デジタル化が急速に広がる中で, Flat Panel Detector (以下, FPD) が普及してきている. その流れを受け, FPD の画質評価が盛んに行われている. FPD にはアモルファスセレン半導体を用い, X線エネルギーを直接電荷量に変換する直接変換方式と, 蛍光体を用い, X線エネルギーを光に変換し, フォトダイオードで電荷量に変換する間接変換方式が存在する.

そこで, 今回は直接変換型 FPD と間接変換型 FPD における画質特性を特性曲線, Modulation Transfer Function (以下, MTF), Wiener Spectrum (以下, WS), Signal to Noise Ratio (以下, SNR) により線質を変化させて測定し, 比較した.

II. 使用機器

- ・ 直接変換型 FPD : SHIMADZU 社製 BR-120F
- ・ 間接変換型 FPD : PHILIPS 社製 DMC GmbH
- ・ 電離箱線量計 : RADCAL model9015
- ・ 解析ソフト : Image J, Microsoft Excel

III. 方法

a) 線質の決定

IEC (International Electrotechnical Commission) 61267 で規定された Table.1 に示す 2 つの線質を用いて行った. RQA3 は低管電圧用, RQA5 は高管電圧用として選択した.

Table.1 RADIATION QUALITY

RADIATION QUALITY No.	Approximate X-RAY TUBE VOLTAGE [kV]	HALF-VALUE LAYER(HVL) [mmAl]	ADDITIONAL FILTRATION [mmAl]
RQA3	50	4.0	10.0
RQA5	70	7.1	21.0

b) デジタル特性曲線の測定

測定配置を fig.1 に示す. RQA5 の線質を用いて, タイムスケール法によりデジタル特性曲線を測定した. 焦点-検出器表面間距離 (以下, SID) 125cm のとき, 照射時間は 100, 200, 400, 800, 1600msec, SID200cm のとき, 照射時間は 10, 20, 40, 80, 160, 320, 630, 1000 msec, と設定した. Image J を用いて画像を開き, 縦軸に得られたデジタル値を, 横軸に相対露光量をプロットしてデジタル特性曲線を求めた.

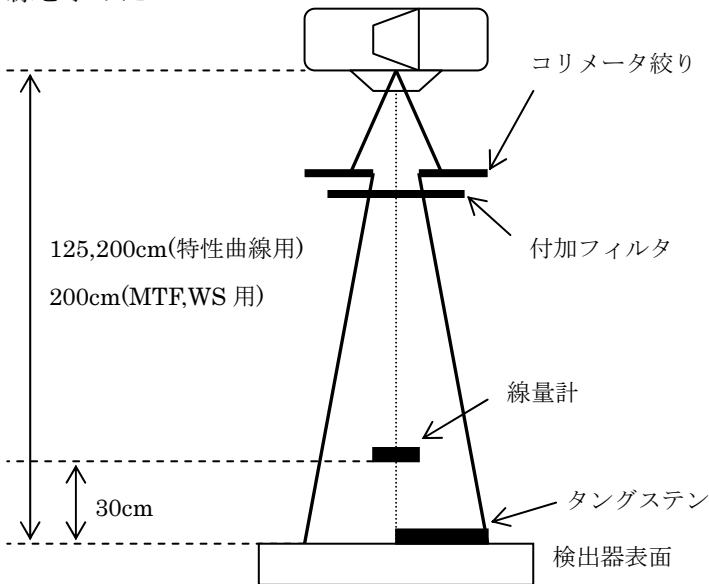


Fig.1 測定配置

c) MTF の測定

測定配置を fig.1 に示す. エッジ法により測定した. 撮影条件は SID200cm、照射野 20×20cm、線量 $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$ 及び $1.03 \times 10^{-6} \text{C/kg}$ とした. タングステン製エッジを 2~3 度傾けて撮影し, Image J を用いて得られたエッジ像から合成 ESF (Edge Spread Function) を作成し, これを微分して合成 LSF (Line Spread Function) を求め, フーリエ変換して MTF を算出した. 合成 LSF の裾野分野は外挿を行って求めた.

d) WS の測定

測定配置を fig.1 に示す. 二次元フーリエ変換により測定した. 撮影条件は SID200cm、照射野 20×20cm、線量 $2.58 \times 10^{-7} \text{C/kg}$ 及び $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$ とした. 一様曝射し, Image J を用いて画像を開きトレンド補正をし, 二次元フーリエ変換によりパワースペクトルを算出し, 規格化により WS を算出した.

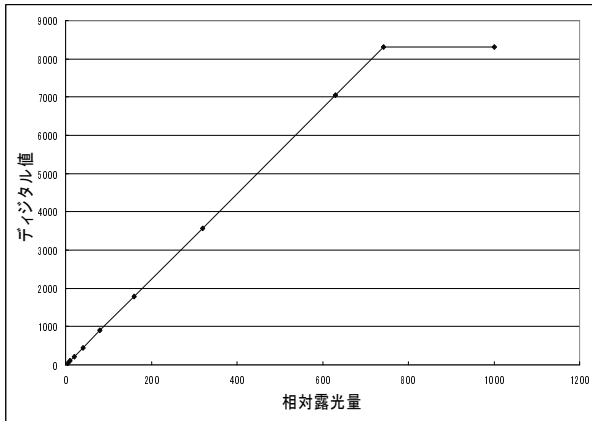
e) SNR の測定

SNR は $\text{MTF}(u)^2/\text{WS}(u)$ から求めた.

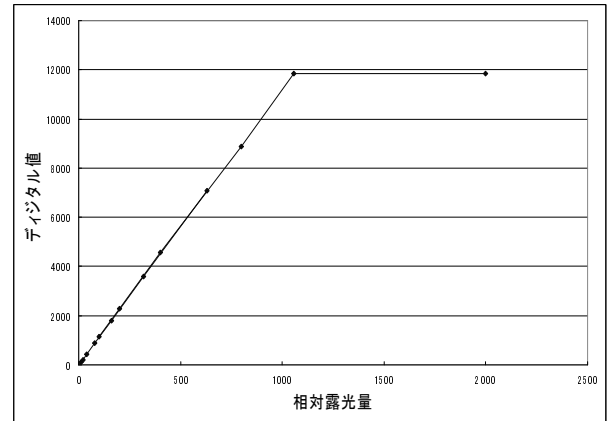
IV. 結果

・ デジタル特性曲線

Fig.2 にデジタル特性曲線を示す。両方式ともに、相対露光量とデジタル値との間に良好な直線性が見られた。直接変換型は (bit)、間接変換型は (bit) で一定となった。



(a) 直接変換型



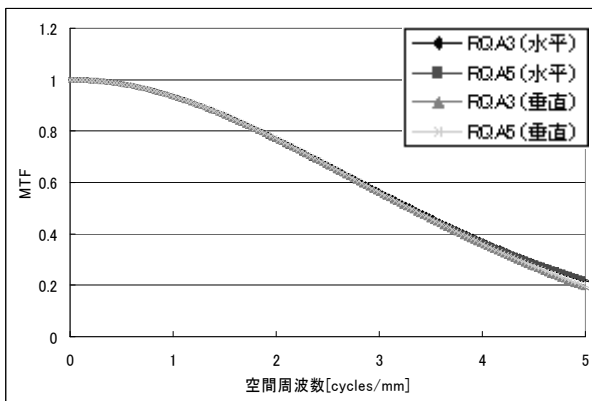
(b) 間接変換型

Fig.2 デジタル特性曲線

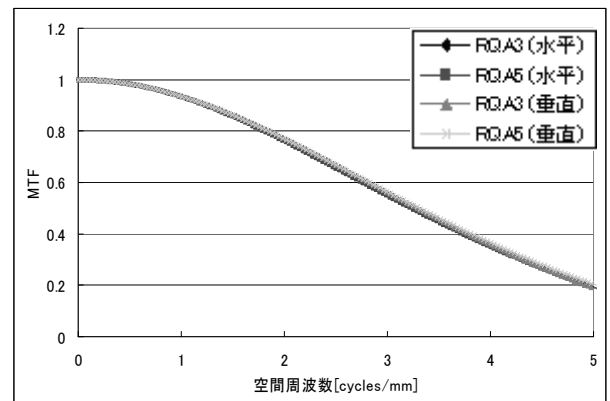
・ MTF

Fig.3 に線質による比較を示す。両方式ともに線質により違いが見られなかった。

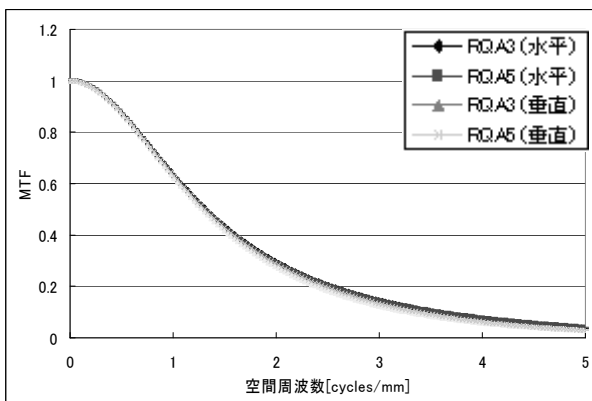
Fig.4 に直接型と間接型の比較を示す。RQA3,RQA5 とともに直接型の方が良かった。高周波で間接型が悪いのが分かる。



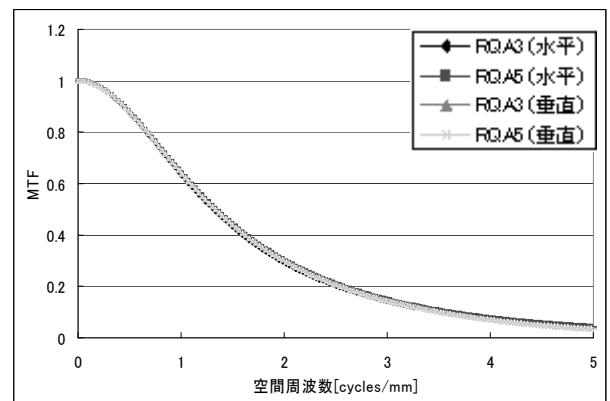
(a) 直接変換型(線量 $5.16 \times 10^7 \text{C/kg}$)



(b) 直接変換型(線量 $1.03 \times 10^6 \text{C/kg}$)

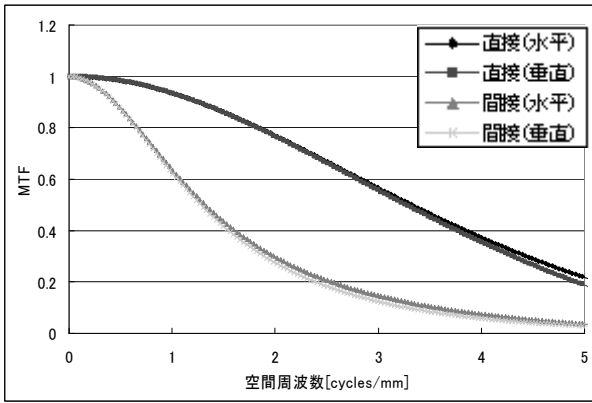


(c) 間接変換型(線量 $5.16 \times 10^7 \text{C/kg}$)

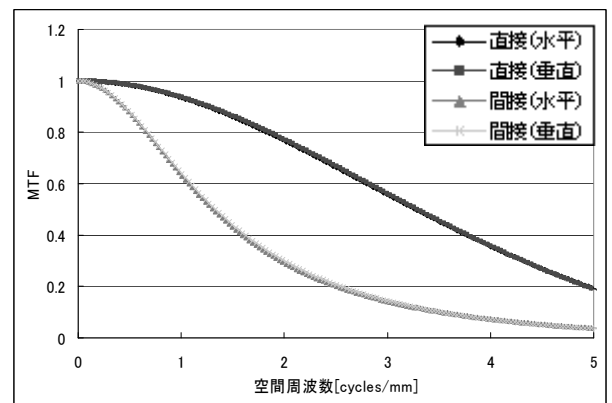


(d) 間接変換型(線量 $1.03 \times 10^6 \text{C/kg}$)

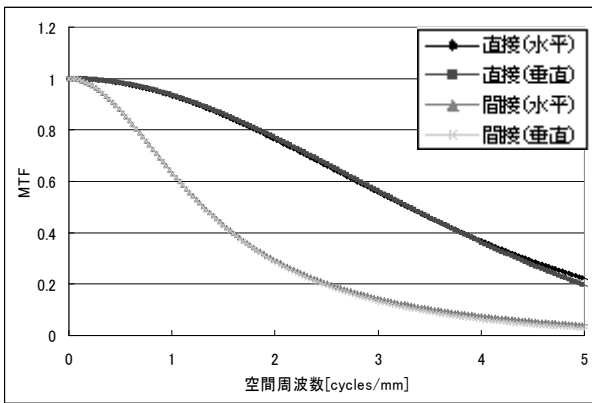
Fig.3 MTF(線質による比較)



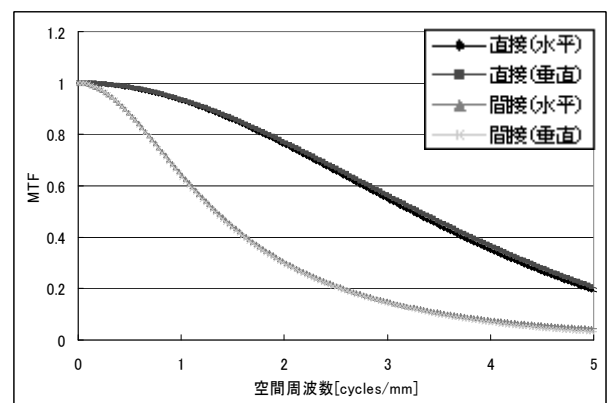
(a) RQA3 での比較 (線量 $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)



(b) RQA3 での比較 (線量 $1.03 \times 10^{-6} \text{C/kg}$)



(c) RQA5 での比較 (線量 $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)



(d) RQA5 での比較 (線量 $1.03 \times 10^{-6} \text{C/kg}$)

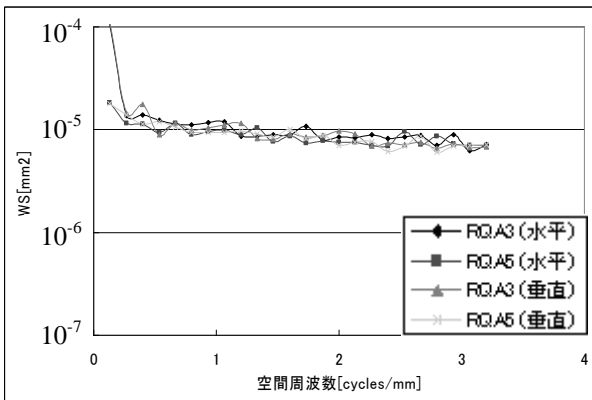
Fig.4 MTF(直接型と間接型の比較)

・ WS

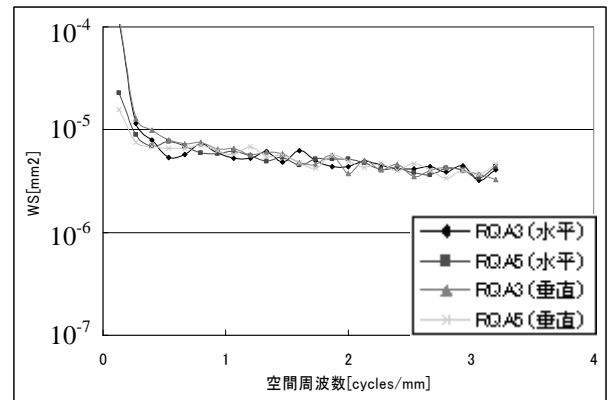
Fig.5 に線質による比較を示す。直接型は線質により違いが見られなかったが、間接型は RQA5 の方が良かった。

Fig.6 に直接型と間接型の比較を示す。RQA3,RQA5 ともに間接型の方が良かった。

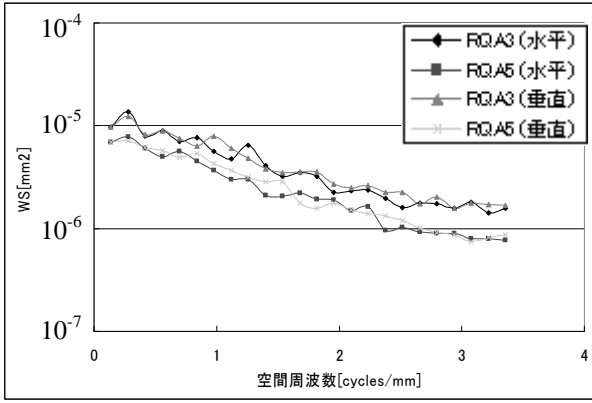
Fig.7 に線量による比較を示す。両方式ともに線量の増加により同程度に向上した。



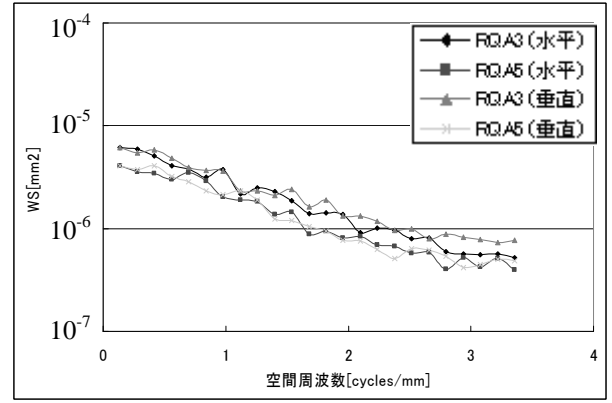
(a) 直接変換型 (線量 $2.58 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)



(b) 直接変換型 (線量 $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)

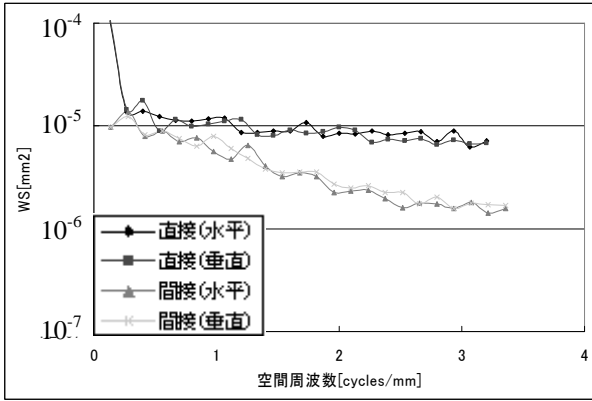


(c) 間接変換型(線量 $2.58 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)

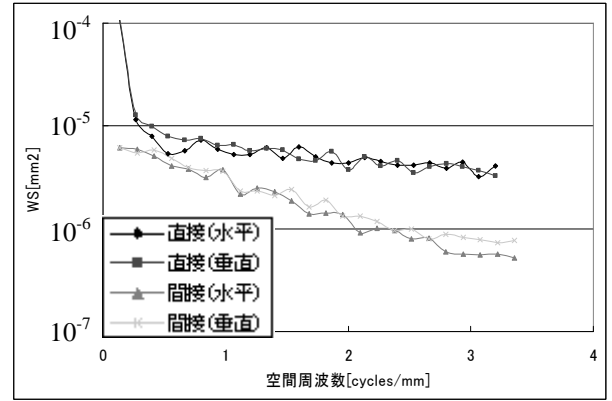


(d) 間接変換型(線量 $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)

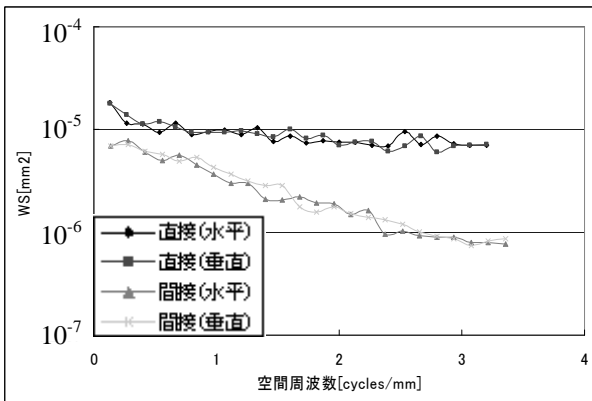
Fig.5 WS (線質による比較)



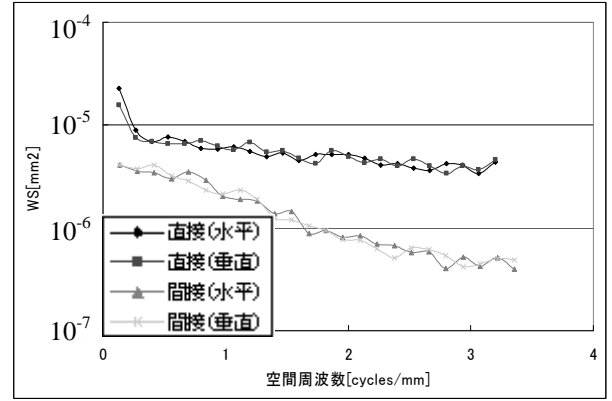
(a) RQA3 での比較 (線量 $2.58 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)



(b) RQA3 での比較 (線量 $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)

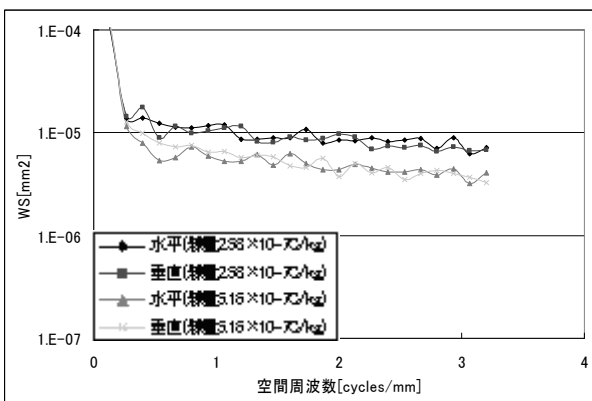


(c) RQA5 での比較 (線量 $2.58 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)

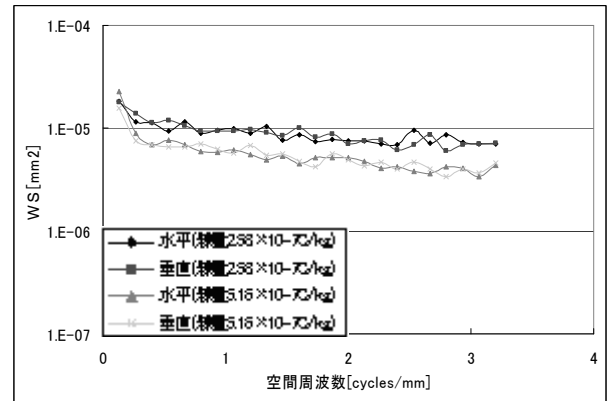


(d) RQA5 での比較 (線量 $5.16 \times 10^{-7} \text{C/kg}$)

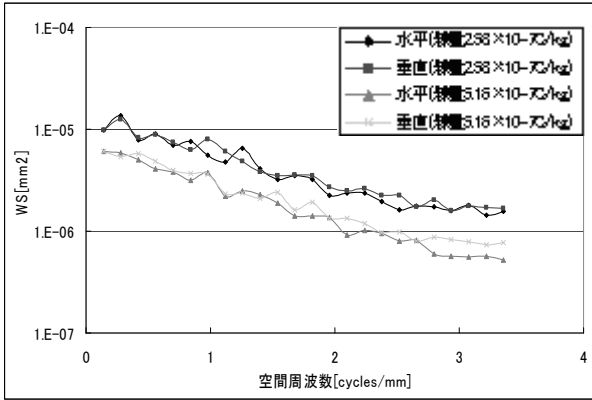
Fig.6 WS (直接型と間接型の比較)



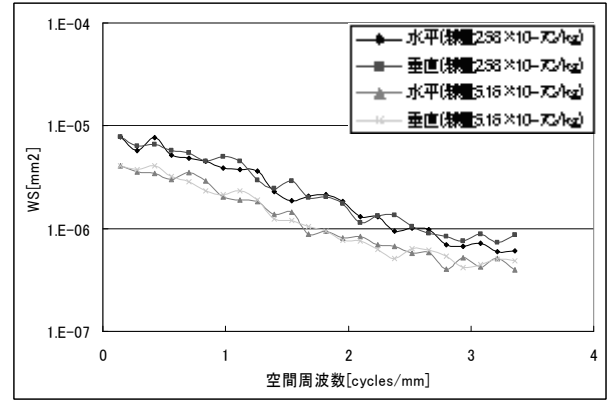
(a) 直接変換型(RQA3)



(b) 直接変換型(RQA5)



(c) 間接変換型(RQA3)



(d) 間接変換型(RQA5)

Fig.7 WS (線量による比較)

・ SNR

Fig.8 に線質による比較を示す。直接型は線質により違いが見られなかったが、間接型は RQA5 の方が良かった。

Fig.9 に直接型と間接型の比較を示す。RQA3 は高周波で直接型の方が顕著に良く、RQA5 は低周波で間接型優位、高周波で直接型優位となった。