

V FPD システムの近未来予測

1. FPD システムにおける課題に取り組む

市川 勝弘 金沢大学医薬保健研究域保健学系

Flat panel detector (FPD) は、高い X 線検出効率、14 ビット以上の階調数、および広いダイナミックレンジによる優れた物理特性を持つ。ゆえに、ダイナミックレンジ圧縮などを組み合わせた強いコントラスト強調が可能で、さまざまな人体部位に対して優れた描出能を発揮する。また、アダプティブなノイズリダクションアルゴリズムを適用することで、低線量であってもノイズが目立ちの少ない画像を提供可能である。このような優れた性能の FPD であるが、克服すべき課題は以下のように少なくない。

- ① 高価格である。
- ② 軽量でない。
- ③ 物理的強度が十分でない。
- ④ 低線量におけるノイズ特性が良くない。
- ⑤ 解像特性が十分でない。

以上の問題は、半導体プロセス技術の現状の限界と X 線変換プロセスによるところが大きい。本稿では、これらの課題の中で、X 線変換プロセスに関するノイズ特性と解像特性に対して考察してみたい。

FPD のノイズ特性

1. ノイズ成分

より良い X 線画像を得るためには、X 線フォトンを取りこぼすことなく取得して、いかなるノイズ付加もなく電気信号に変換することが重要である。しかし、実際は、X 線フォトンの 100% を光や電荷に変換することは困難であり、構造ノイズや電気ノイズなどの付加が避けられ

ないことから、理想状態とはなっていない。

FPD は、間接変換型では蛍光体層が、直接変換型では光導電層が、それぞれ X 線を受光して、光または電荷に変換する。間接変換型では、変換された光による光子ノイズが付加されることが知られており、光子ノイズがない直接変換型であっても間接変換型と同じく excess ノイズという成分が付加される。FPD のノイズを digital normalized noise power spectrum (digital NNPS) として W_d とすると、以下のようなノイズ成分の加算によって表される¹⁾。

$$W_d(u) = W_e(u) + W_q(u) + W_{ex}(u) + W_{sq}(u) + W_s(u)$$

ここで、 W_e は電気ノイズ、 W_q は量子ノイズ、 W_{ex} は excess ノイズ、 W_{sq} は二次量子ノイズ、 W_s は構造ノイズである。

X 線が均一に照射されたとしても、X 線量子自体の揺らぎによる量子ノイズ (W_q) があることは、周知の事実である。

よって、いかに検出効率の高い FPD であっても、低線量であればノイズの顕著化は避けられない。

2. 低線量時のノイズ特性

X 線量に比例して増減するのが構造ノイズ (W_s) であり、X 線量に依存せずに、一定量のノイズを示すのが電気ノイズ (W_e) である。構造ノイズは、X 線量の減少とともに小さくなり、補正が効くことから、問題となることは少ない。量子数低下によって増加する excess ノイズ (W_{ex}) は、その割合の低減や光導電体ごとの最適化の余地があるようで、その取り組みがなされている。

電気ノイズは、低線量時に顕著化する。したがって、透視時には 1 フレームごとの線量が微小になることから、電気ノイズが noisy な画像の原因となり、これが従来のイメージインテンシファイアより劣り、透視画像を劣化させている。

図 1 は、CR と FPD における DQE を

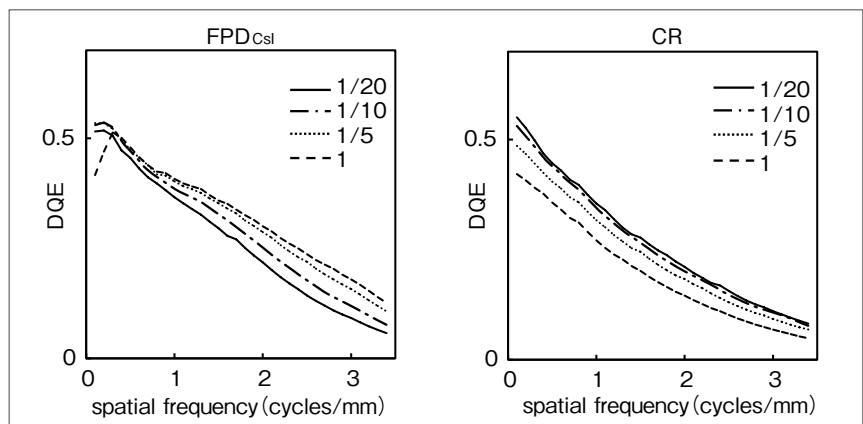


図 1 照射線量 1/20 ~ 1 mR (線質: RQA 3) における DQE の比較