平成21年12月17日 高エネルギー加速器研究機構

医療用X線フラットパネル検出器 Flat-panel X-ray detector (FPD)

(株)島津製作所 基盤技術研究所 佐藤 賢治 sato-k@shimadzu.co.jp



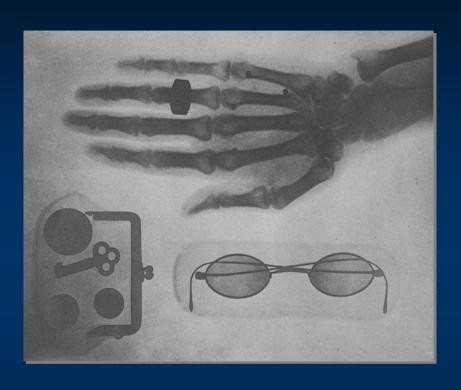
目次

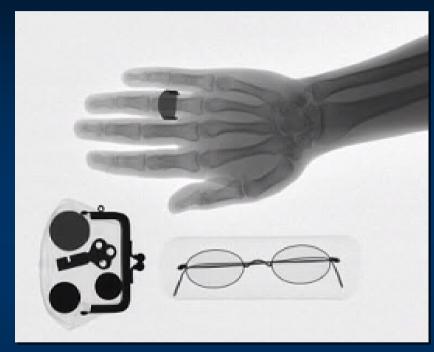
- 1. 開発の経緯
 - ・従来の検出器/X線変換材料の選択
- 2.FPDの構造と動作原理
 - ・デバイス構造/読み出し動作
- 3.FPDの性能
 - · SN要因/直接変換と間接変換
- 4. 画像の紹介
 - · 高精細動画/3 D血管造影

目次

- 1. 開発の経緯
 - ・従来の検出器/X線変換材料の選択
- 2.FPDの構造と動作原理
 - ・デバイス構造/読み出し動作
- 3.FPDの性能
 - · SN要因/直接変換と間接変換
- 4. 画像の紹介
 - · 高精細動画/3 D血管造影

島津製作所とX線写真100年の歴史





1896年 (島津源蔵による、 日本初のX線写真) 2003年 (動画対応直接変換型 デジタルX線診断装置を 世界で初めて発売)

X線分野のデジタル化

静止画



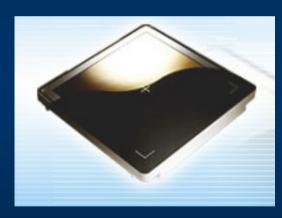
X線フィルム

動画



イメージ管





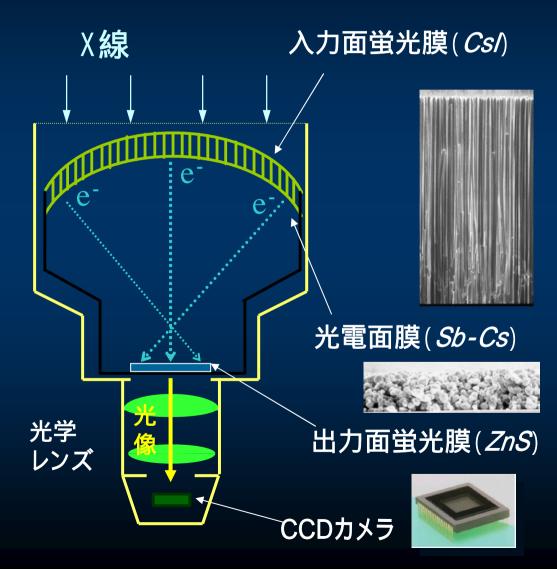
動画·静止画兼用の デジタルX線撮像 デバイス(FPD)

従来のX線動画検出器 Image Intensifier / CCD-TV



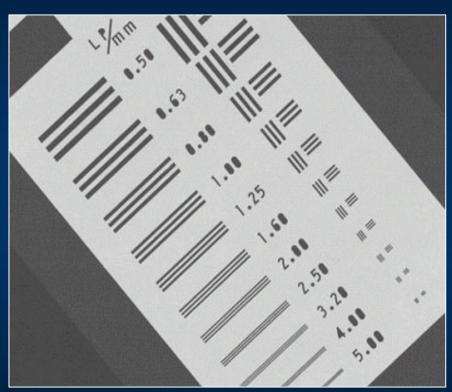
X線変換プロセス

光(Csl) 電子 光(ZnS) 電荷(CCD) 電気信号



解像度の比較

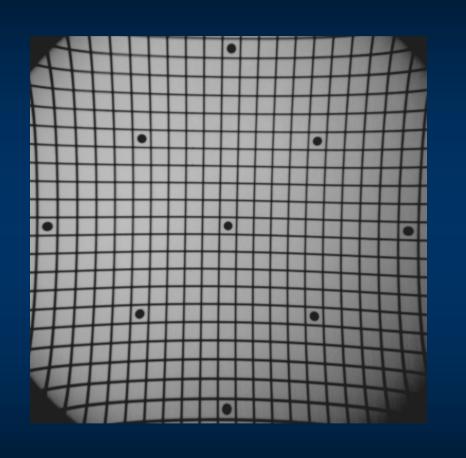


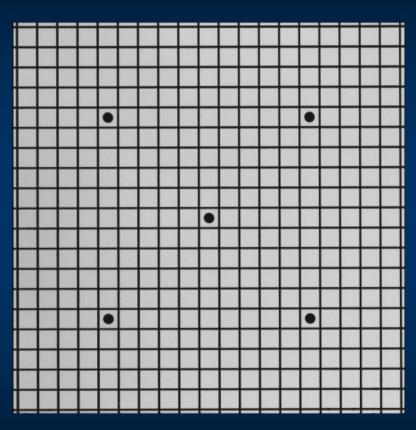


I.I.(6inch) + 1M-CCD TV

島津FPD

画像歪みの比較

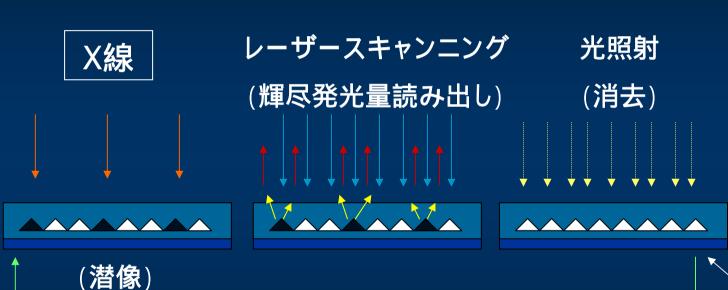




I.I. + 1M-CCD TV

島津FPD

静止画用デジタルX線検出器 Computed Radiography; C R





X線変換プロセス

輝尽性蛍光体

BaF:Eu

RbBr:Tl

X線 潜像(蛍光体)

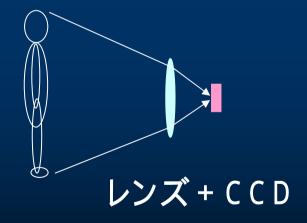
光(レーザー励起)

電気信号(PMT)

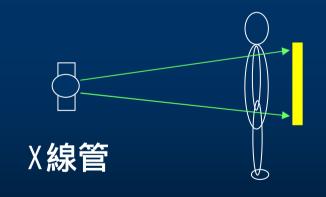
デジカメとの違い

◆ X 線画像と可視画像では、 デジタル化の手法が異なる

·可視画像



·X線画像

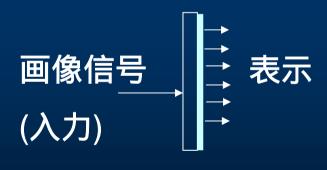


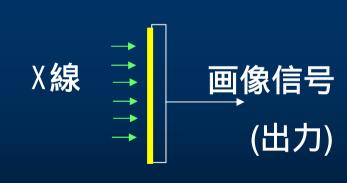
被写体と同サイズの大面積 検出器が必要

高性能な大面積X線検出器を 実現するには?

·<u>液晶ディスプレイ</u>

・*X線検出器*





T F T アレイ基板 + 液晶

TFTアレイ基板 + X線変換膜

主要直接変換材料の物性値

	Atomic Number	Density	Band gap	W		μ _e	μ _h
		g/cm²	e V	e V	c m	cm ² V ⁻¹	cm ² V ⁻¹
a-Se	34	4.3	2.3	50 10V/ μ m	10 ¹²	3×10^{-9} ~ 3×10^{-6}	1.2×10^{-7} ~ 6×10^{-5}
Si	14	2.33	1.12	3.62	>104	2.7×10^{-2}	9.6 × 10 ⁻³
CdTe	48,52	6.2	1.44	4.43	10 ⁹	3.5×10^{-3}	2.3×10^{-4}
CdZnTe	48,32,52	6	1.5-2.2	5.0	1011	1.0 × 10 ⁻³	6.0 × 10 ⁻⁶
Hgl ₂	80,53	6.4	2.13	4.2	10 ¹³	1.0 × 10 ⁻⁴	4 × 10 ⁻⁵
Pbl ₂	82,53	6.2	2.32	4.9	10 ¹³	8.0×10^{-6}	2.0×10^{-7}

Semiconductors for room-temperature radiation detector applications (MRS 1993) 他

a-Seの特徴

【長所】

- ・常温使用が可能・・・Egが大きい
- ・均一な大面積厚膜を形成できる
 - ・・・アモルファス

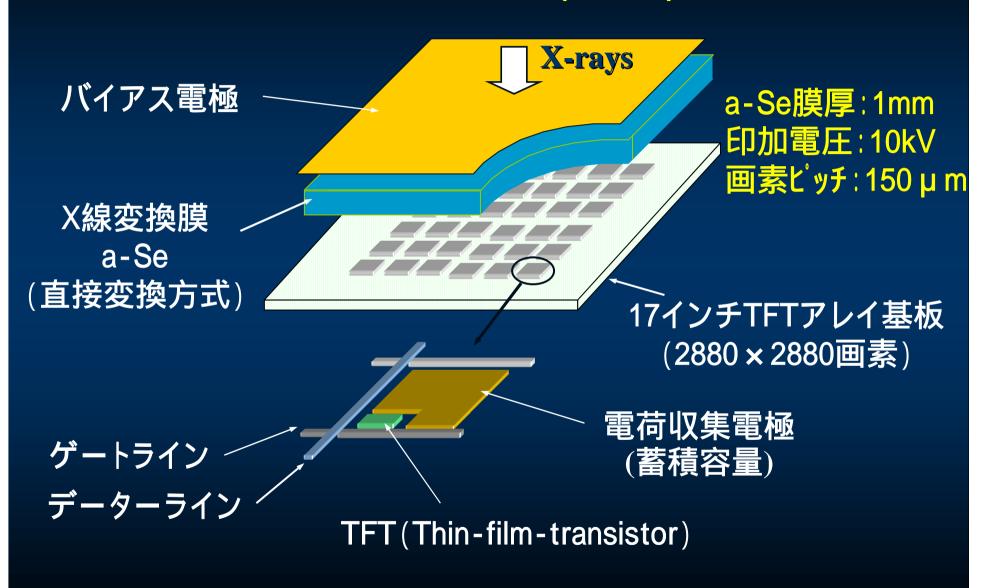
【短所】

- ・原子番号が比較的小さい
- ·キャリアの μ が小さく、高電界が必要

目次

- 1. 開発の経緯
 - ・従来の検出器/X線変換材料の選択
- 2.FPDの構造と動作原理
 - ・デバイス構造/読み出し動作
- 3.FPDの性能
 - ・SN要因/直接変換と間接変換
- 4.画像の紹介
 - · 高精細動画/3 D血管造影

フラットパネル検出器 (FPD)の構造



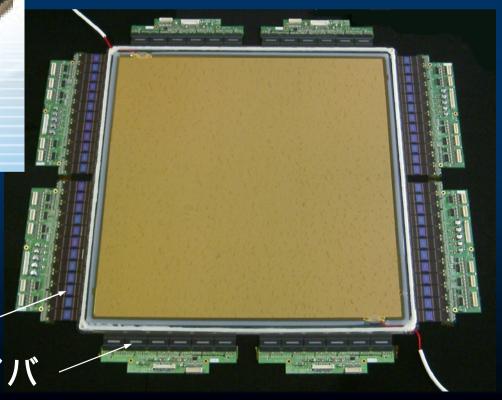
開発した 透視・撮影兼用 フラットパネルX線検出器



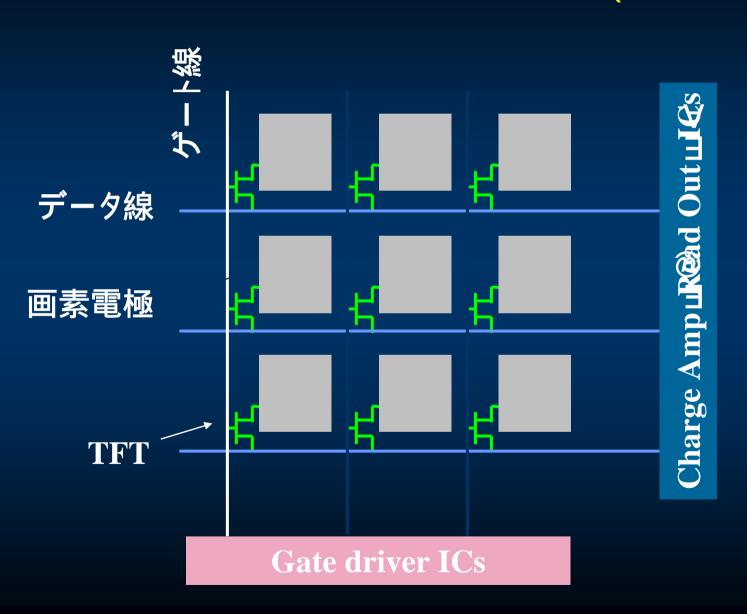
検出器部分

筐体外観

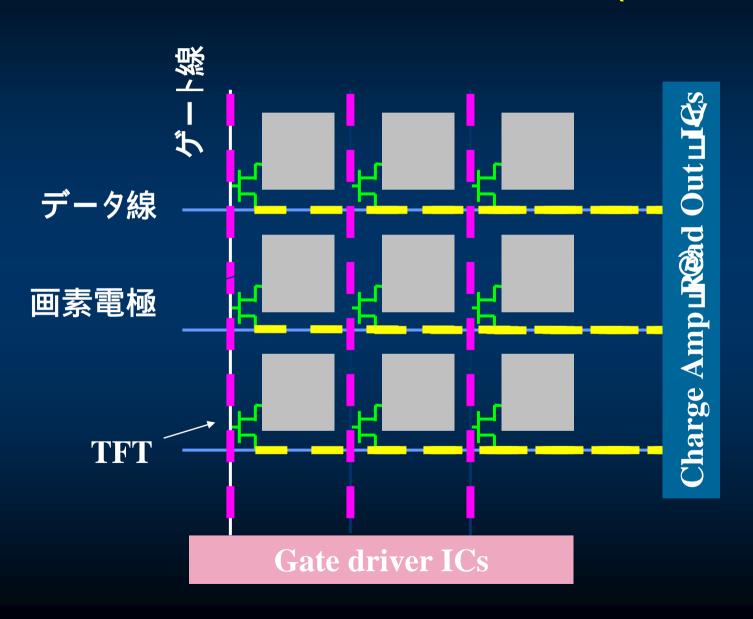
アンプ・A/D ゲートドライバ



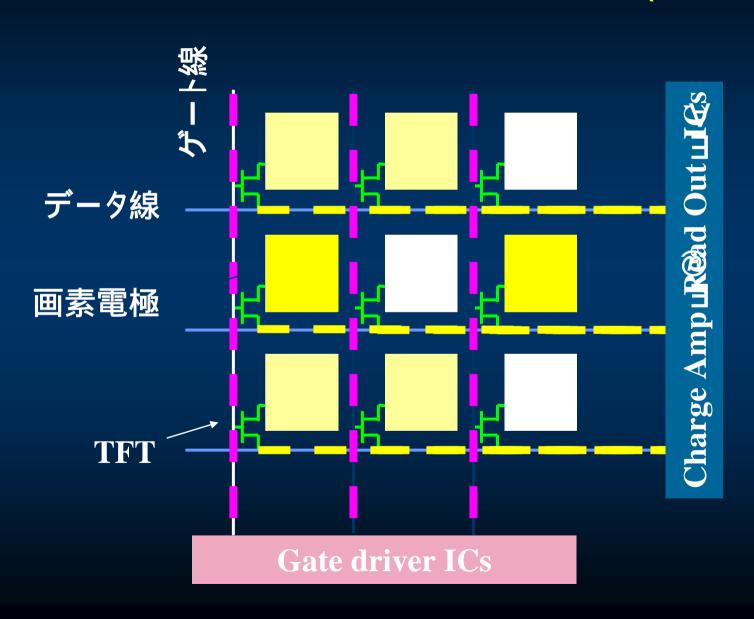
FPD の駆動と信号読出し(静止画)



FPD の駆動と信号読出し(静止画)



FPD の駆動と信号読出し(動画)



目次

- 1. 開発の経緯
 - ・従来の検出器/X線変換材料の選択
- 2.FPDの構造と動作原理
 - ・デバイス構造/読み出し動作
- 3.FPDの性能
 - · SN要因/直接変換と間接変換
- 4.画像の紹介
 - · 高精細動画/3 D血管造影

電子正孔対生成エネルギー(W値)

エネルギーEの

X線

·結晶半導体 (Klein rule)

・アモルファスSe

W=W₀+B/F

Wo:6eV B:4.4eV x 106eVcm-1 F: 電界

E/W個の

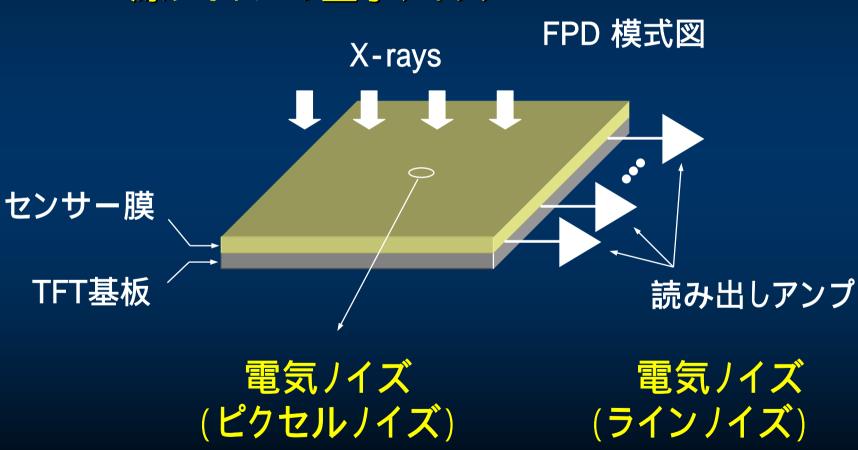
(Kasap J.Phys.D.33,2853(2000))

F=10V/µmの場合 W=50eV

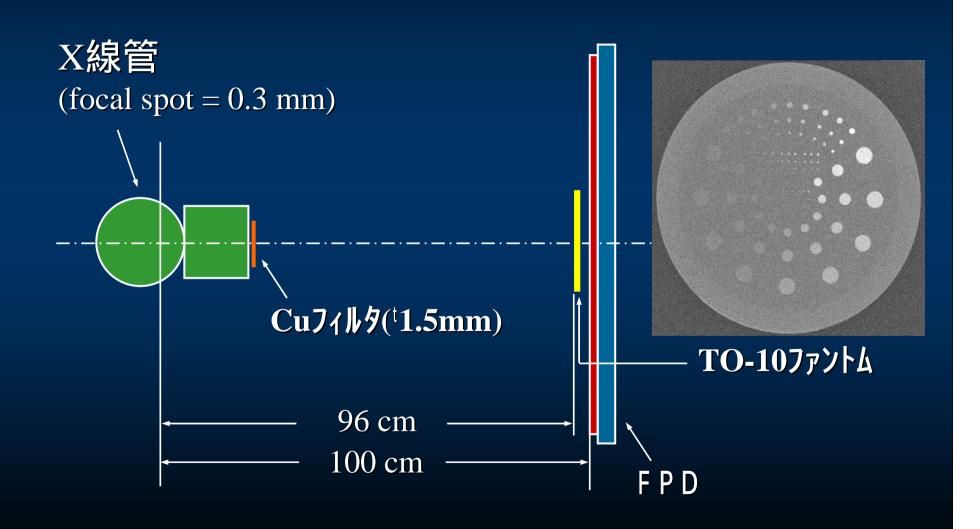
W値が小さいほど、生成される電荷数nが多くなる n=E/W E:X線のエネルギー

FPDにおけるノイズ源

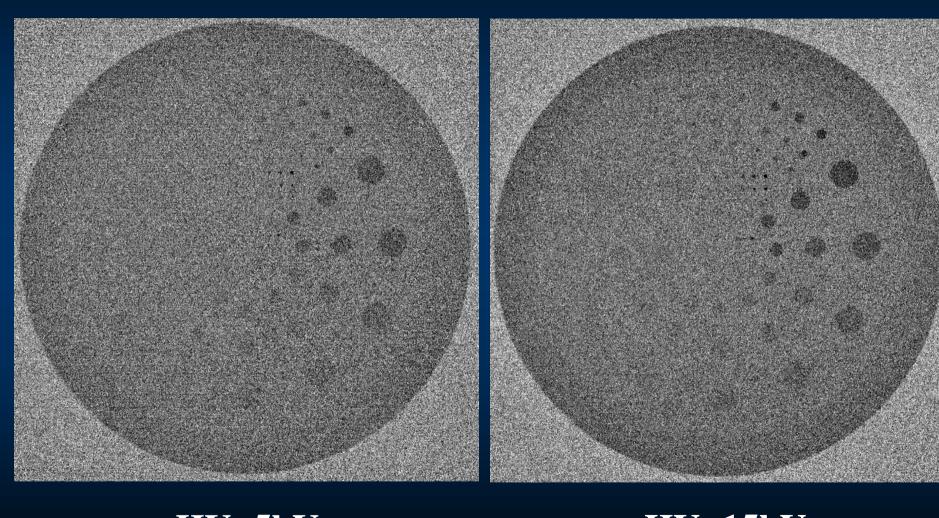
X線フォトンの量子ノイズ



視認性比較測定系



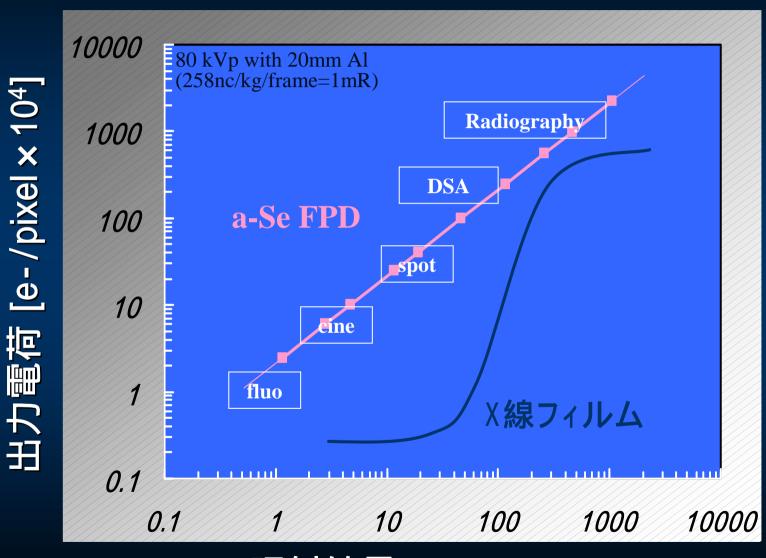
印加電圧による視認性比較結果



HV=5kV

HV=15kV

FPDのX線入出力特性

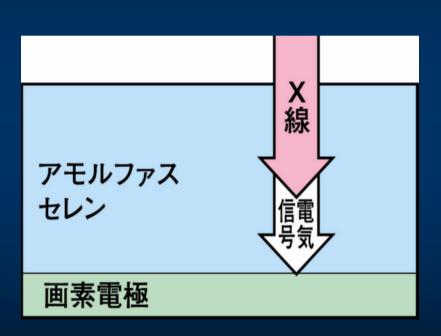


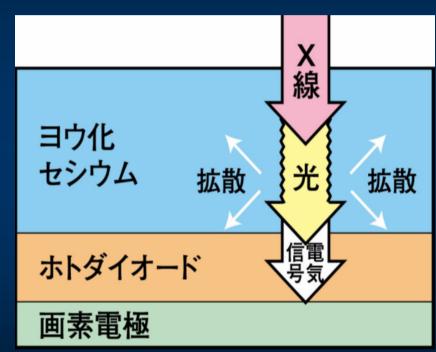
照射線量(nC/kg/frame)

直接変換と間接変換

·直接变換型

·*間接変換型*

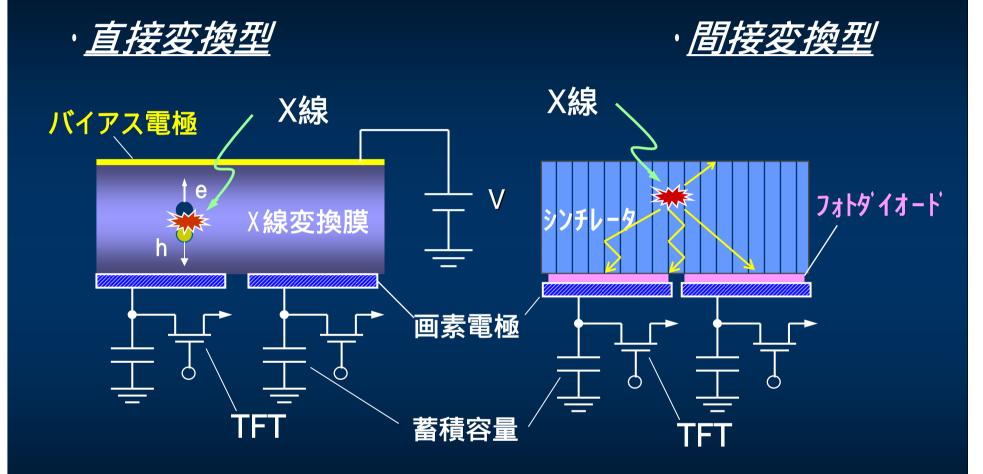




直接電気信号に変換する

ー旦光に変換した後に 電気信号に変換する

直接変換と間接変換



直接変換型は、光の散乱がない分、空間分解能が非常に高い

目次

- 1. 開発の経緯
 - ・従来の検出器/X線変換材料の選択
- 2.FPDの構造と動作原理
 - ・デバイス構造/読み出し動作
- 3.FPDの性能
 - ・SN要因/直接変換と間接変換
- 4.画像の紹介
 - · 高精細動画/3 D血管造影

主な医療X線診断装置と用途







• <u>X T V</u>

消化管用 動画 静止画 · 循環器

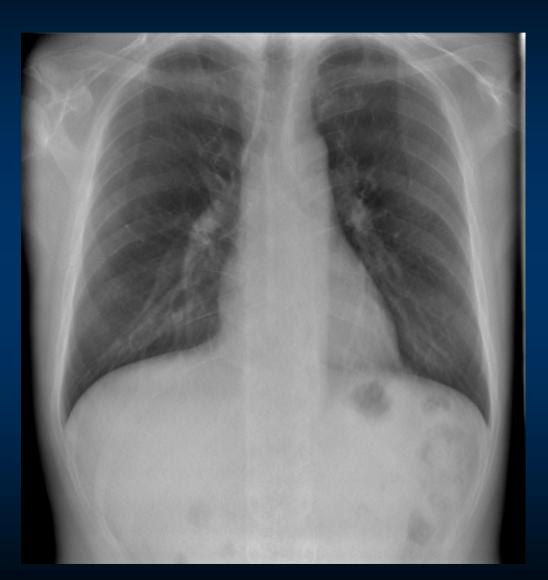
心臓 頭腹部用 動画 ·一般撮影

胸部 四肢 乳房

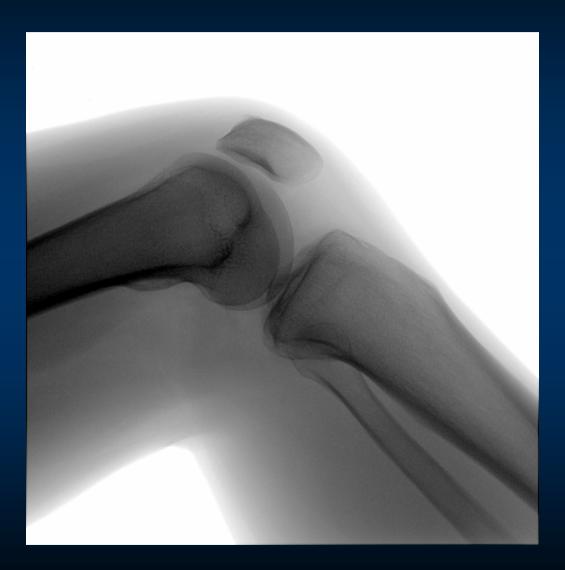
静止画

直接变換FPDの画像例

胸部画像



膝関節画像



頭部ファントム画像



静止画像

70 kVp - 6mAs SID: 100cm

動画像 75 kVp - 4mA SID:100cm (血管造影剤注入)

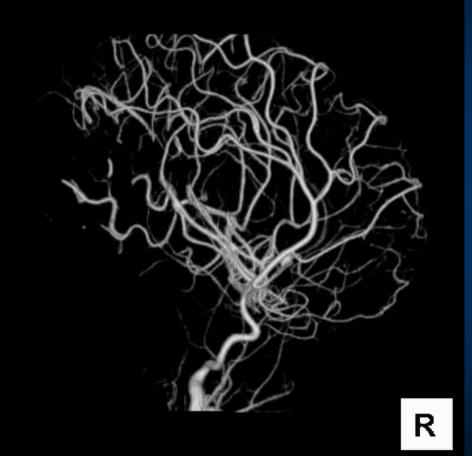


頭部ファントム画像処理例

回転 DSA

3D画像処理





DSA (Digital Subtraction Angiography)

・・・画像間演算により血管像のみ抽出



Solution for Science since 1875

