

2007年7月9-10日

KEK-PF

レーザーコンプトン線源からの
微小光源による
X線イメージングの原理と応用
(イントロダクション)

兵藤 一行

高エネルギー加速器研究機構 (KEK)

物質構造科学研究所

放射光科学研究施設 (PF)

医用画像診断

不可視情報の可視化

視診、触診、聴診  画像診断
X線の利用

白色X線: 単純撮影、CT

単色X線: 放射光

超音波

磁気共鳴現象: MRI

赤外線

RI: PET、SPECT

LCX-ray

準単色X線

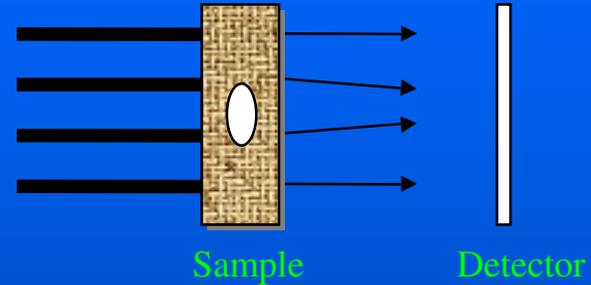
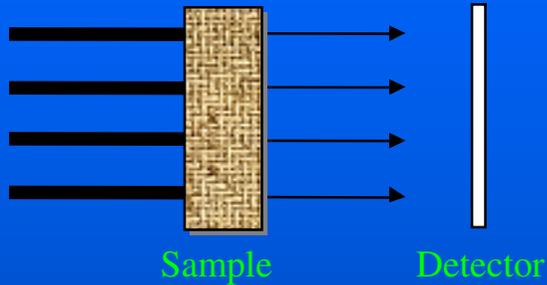
装置の小型可

医学応用

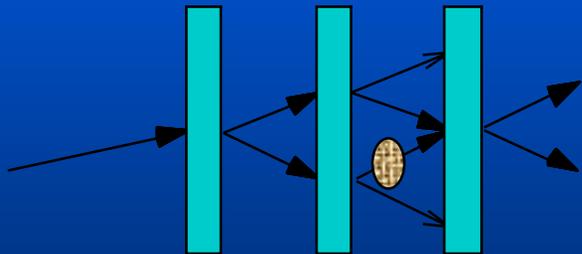
臨床応用

産業応用

放射光単色X線を用いた撮影方法

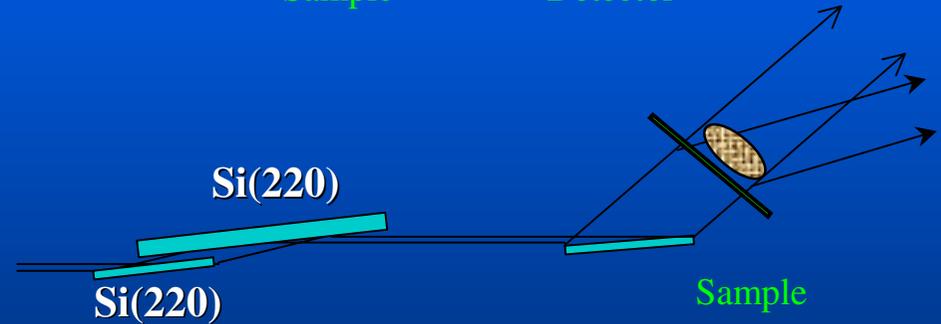


absorption



Sample
phase shift

干渉計



Diffraction

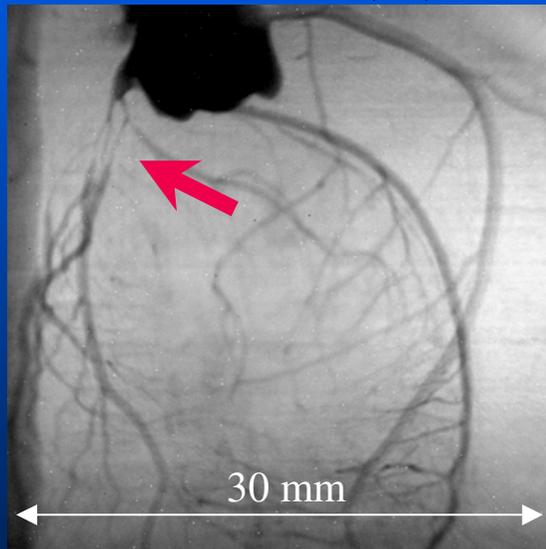
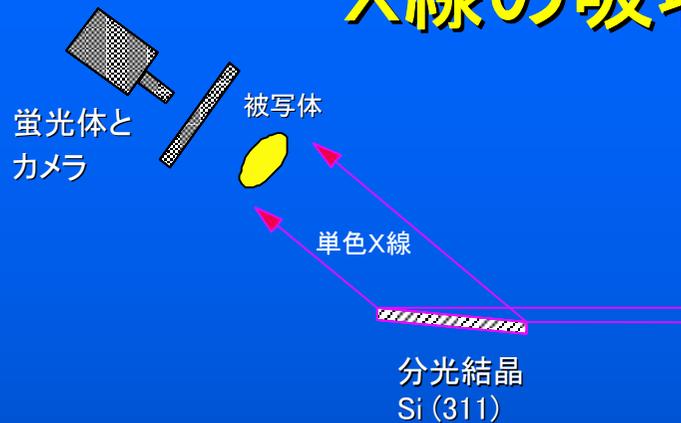
DEI, DFI

吸収、屈折、散乱、蛍光
位相変化

空間分解能
濃度分解能

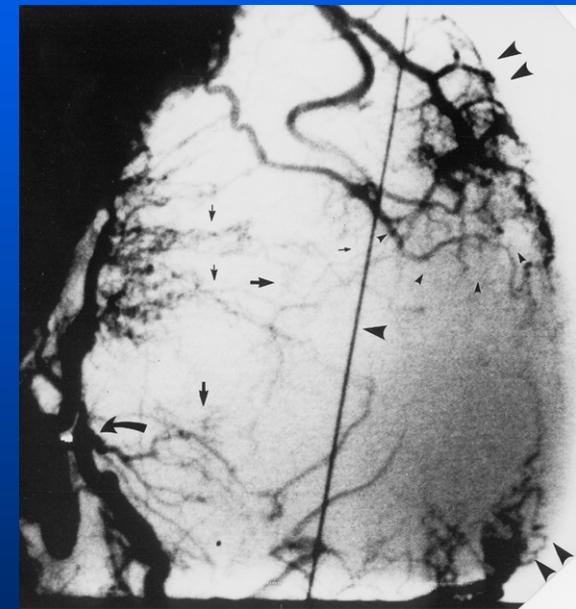
X線の吸収を利用した画像診断

微小血管造影



冠動脈の攣縮 (筑波大学提供)

X線エネルギー 33.3 keV
照射面積 25 mm(V) × 30 mm(H)
空間分解能 28 μ m
照射時間 100 msec/image
撮像系 CCD-TV

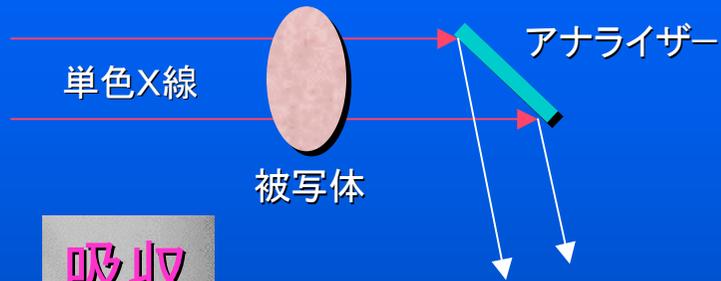


腫瘍血管系 (東海大学提供)

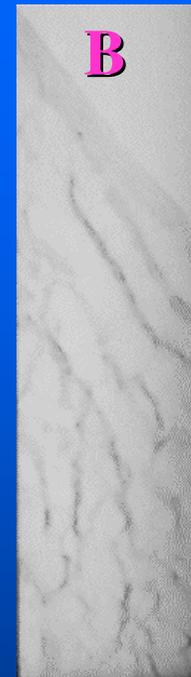
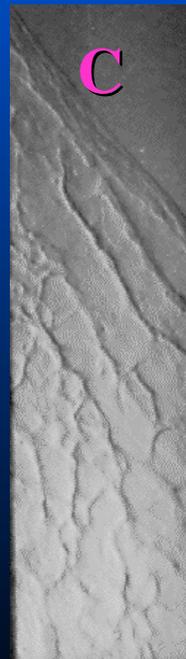
X線エネルギー 33.3 keV
照射面積 25 mm(V) × 30 mm(H)
空間分解能 25 μ m
照射時間 33 msec/image
撮像系 HARP-TV

X線の屈折を利用した画像診断

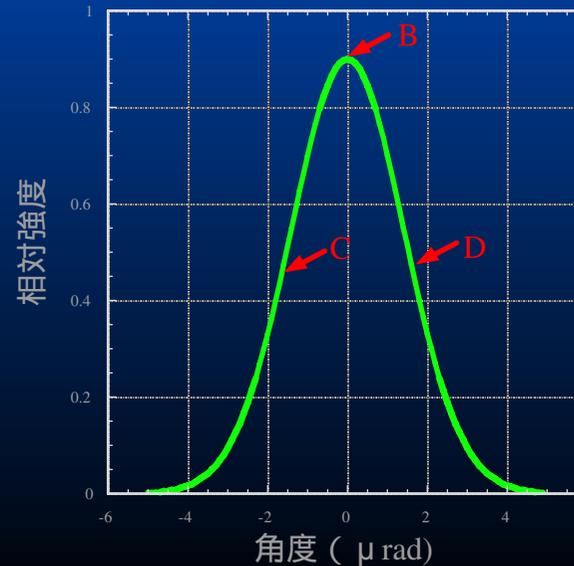
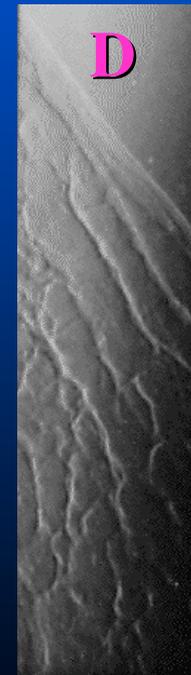
DEI(Diffraction Enhanced Imaging) 法



豚の骨
33 keV



DEI
DFI
DEI-CT
濃度分解能の向上



レーザーコンプトンX線(LCX-ray)の特性

発光点の大きさ(焦点サイズ): $50 \mu\text{m}$

光子密度(40 keV): $1.3 \times 10^6 \text{ photons/mm}^2/\text{sec}$

照射面積: 直径 100 mm 程度

小焦点、大きな照射面積、準単色X線、エネルギー可変

光学素子は使用しなくても良い

屈折効果の方向性がない

吸収効果+屈折効果による画像(照射X線の有効利用)

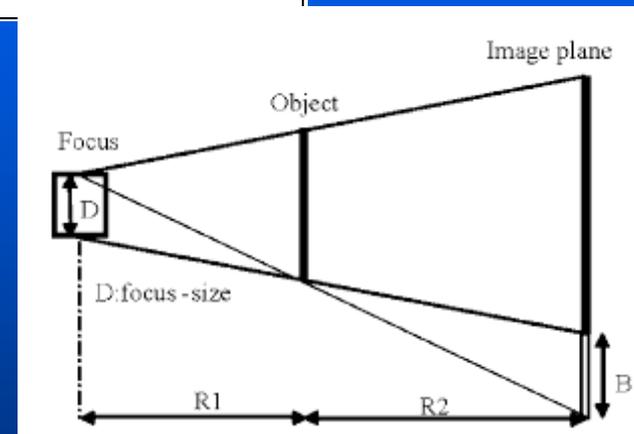
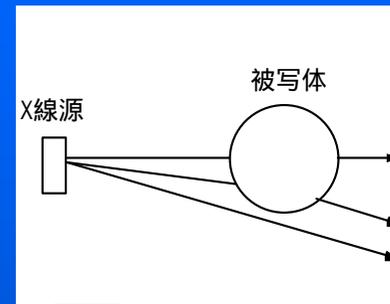
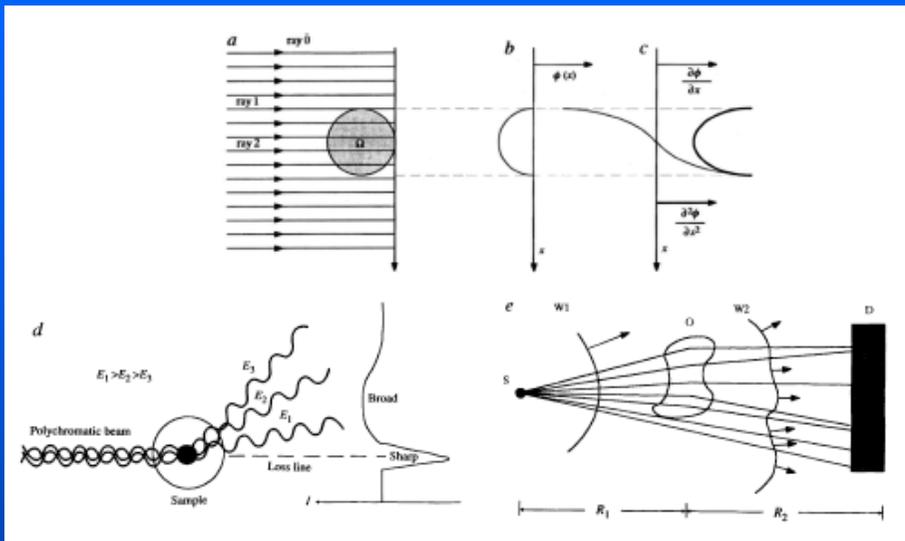
通常のX線発生装置に比較して、高空間分解能、高濃度分解能

装置を小型化できる可能性がある

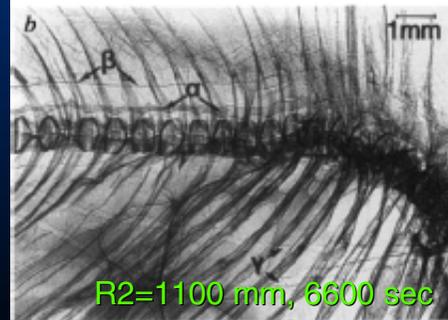
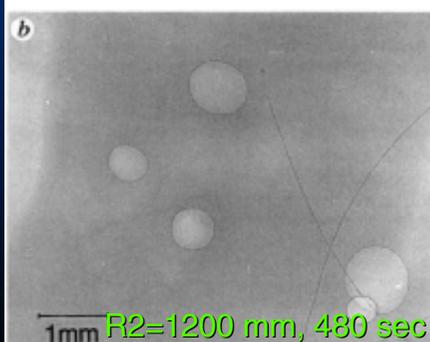
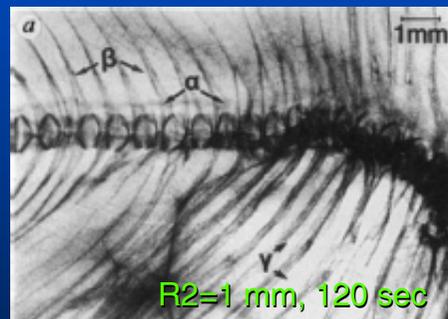
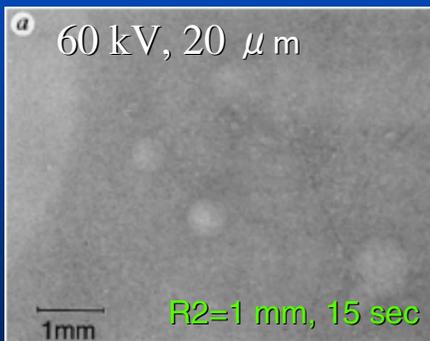


医学応用、臨床応用、産業応用

微小焦点によるイメージング I



$B = D \times R2 / R1$: 半陰影

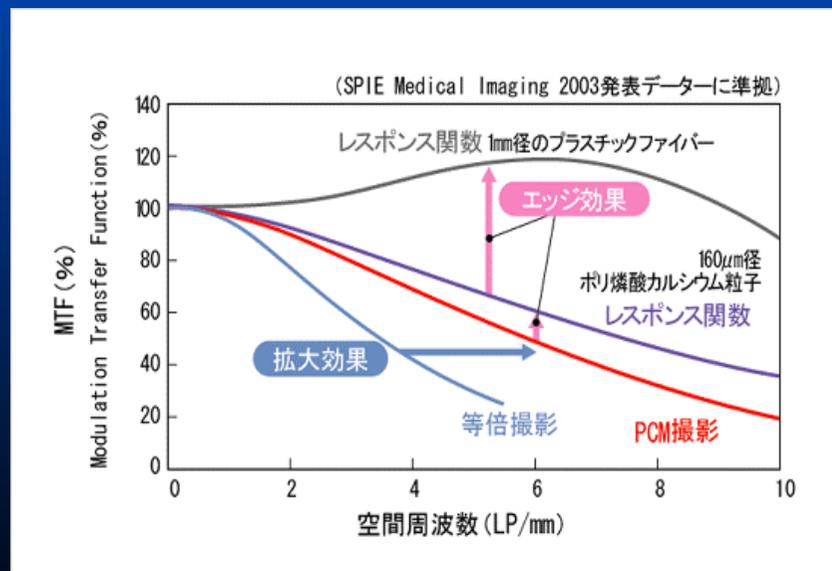
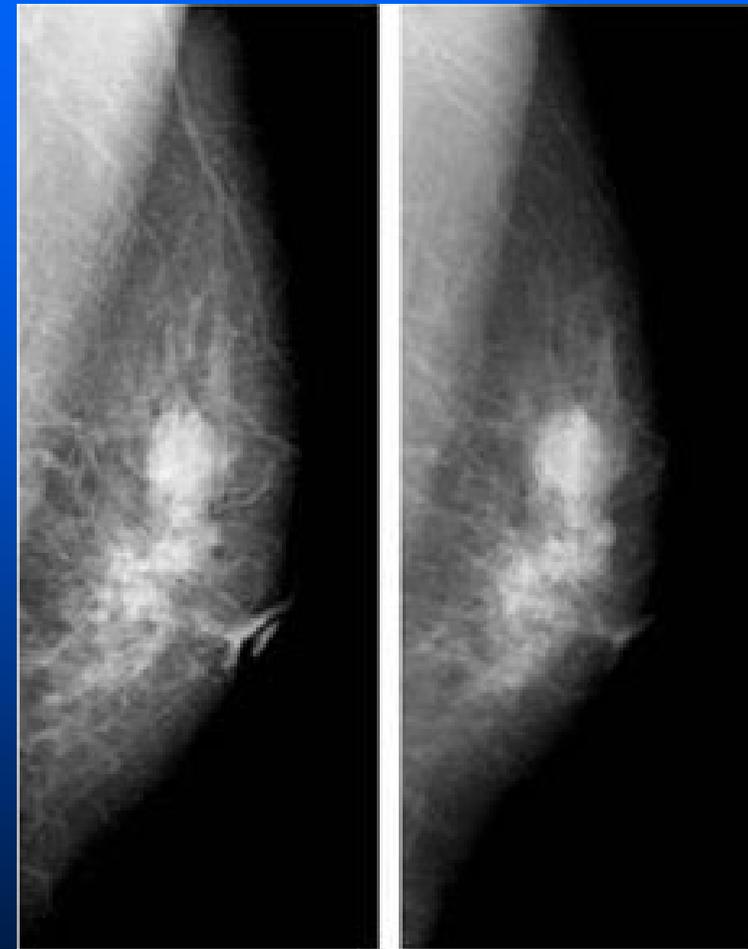
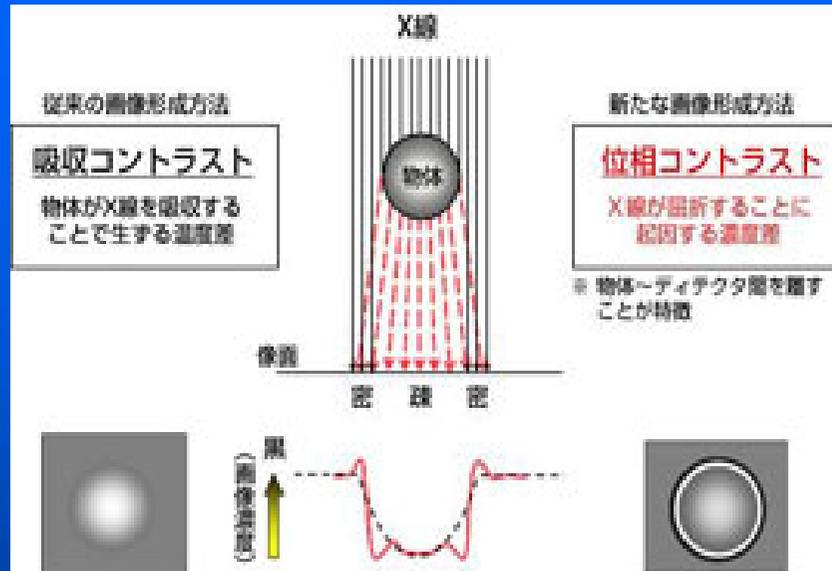


B	R1	R2	D
0.5 mm	1 m	0.5 m	1 mm
50 μ m	1 m	0.5 m	0.1 mm
2.5 μ m	10 m	0.5 m	0.05 mm

$9E \geq B$: $R1$ の範囲を決定

$E \geq$ 検出器空間分解能: $R2$ の決定

微小焦点によるイメージング II



微小焦点によるイメージング III

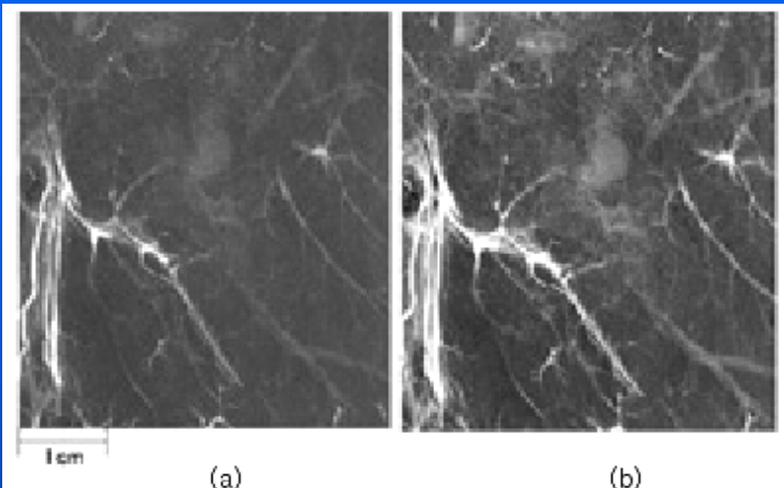


Fig.8 Radiographs of an extracted lung-specimen obtained with (a) a contact radiography and (b) a phase-contrast imaging. (The image size of the phase-contrast imaging was reduced to be equivalent with that of contact imaging for convenience in comparison.)

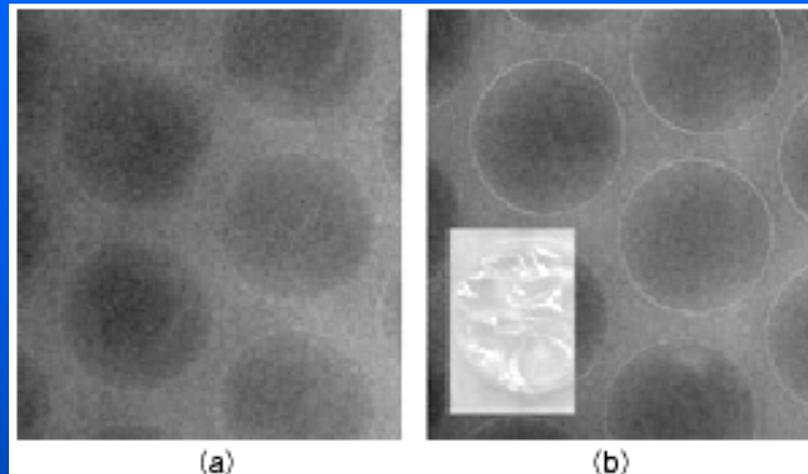


Fig.7 Radiographs of an air-cap obtained with (a) a contact radiography and (b) a phase-contrast imaging. (The image size of the phase-contrast imaging was reduced to be equivalent with that of contact imaging for convenience in comparison.)

全方向に境界領域の画像強調が見られる。

焦点サイズ: $100 \mu\text{m}$ 、R1: 1m、R2: 0.5m

Moターゲット

放射光によるファントム撮影の例

LCX-rayによるイメージングの可能性

臨床応用の可能性 (高齢化社会への対応、スクリーニング検査への適応)

1. 乳がんの診断 (石灰化、乳腺異常部位の描出)、肺がんの診断
2. 骨、関節系疾患の診断
3. 抹消血管系の形態・機能の診断、血管内蓄積物質の診断
4. 薬の宅配便 (標的組織)
基礎医学、生理学、動物学、薬学、.....
5. 小動物に対する診断 (疾患の機序の解明、創薬、ペットの診断)

産業応用の可能性

1. 製品検査、荷物検査、...

課題

各種診断に最適なパラメータの検討

得られる画像の医学的・臨床的評価  付加価値はあるか？

検出器

時分割イメージングの可能性