

臨床医学概論

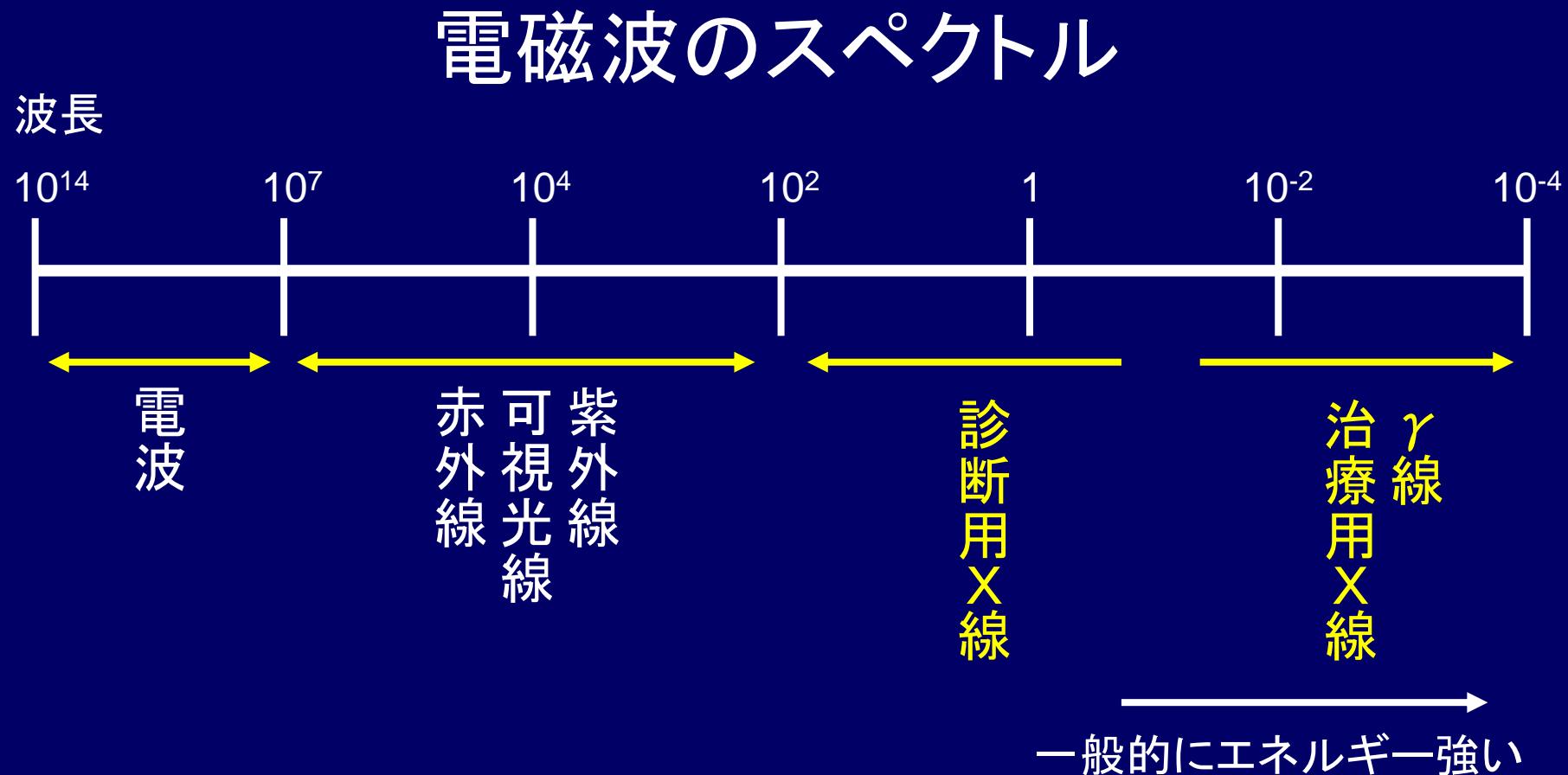
放射線医学概論

放射線診断学を中心に

担当: 山崎 憲



医療における放射線の基本知識



放射線障害

放射線による人体への影響

確率的影響

癌の発生、遺伝的影响

確定的影響

早期障害(中枢神経、消化管、骨髄など)

晚期障害(白内障など)



放射線診断学

X線検査

核医学検査

超音波検査

磁気共鳴検査

放射線治療学

外照射療法

内照射療法

併用療法(化学療法、温熱療法、外科的手術等)



放射線治療の種類

放射線治療ではエネルギーの高い放射線を用いることで腫瘍細胞を破壊することを目的とする。

外照射療法
内照射療法
併用療法(化学療法、温熱療法、外科的手術等)

X(γ)線
電子線(β線)
重粒子線
中性子線



放射線治療の感受性

感受性	腫瘍組織
高い	頭頸部癌、食道癌、皮膚癌、子宮頸部癌、大腸腺癌、肺小細胞癌、リンパ腫、白血病など
低い	横紋筋肉腫、平滑筋腫、乳腺癌、肝癌、腎癌、甲状腺癌、肺扁平上皮癌、骨肉腫、悪性黒色腫など



放射線診断学

X線検査(単純X線写真、X線CTなど)

核医学検査

超音波検査

磁気共鳴検査

放射線治療学

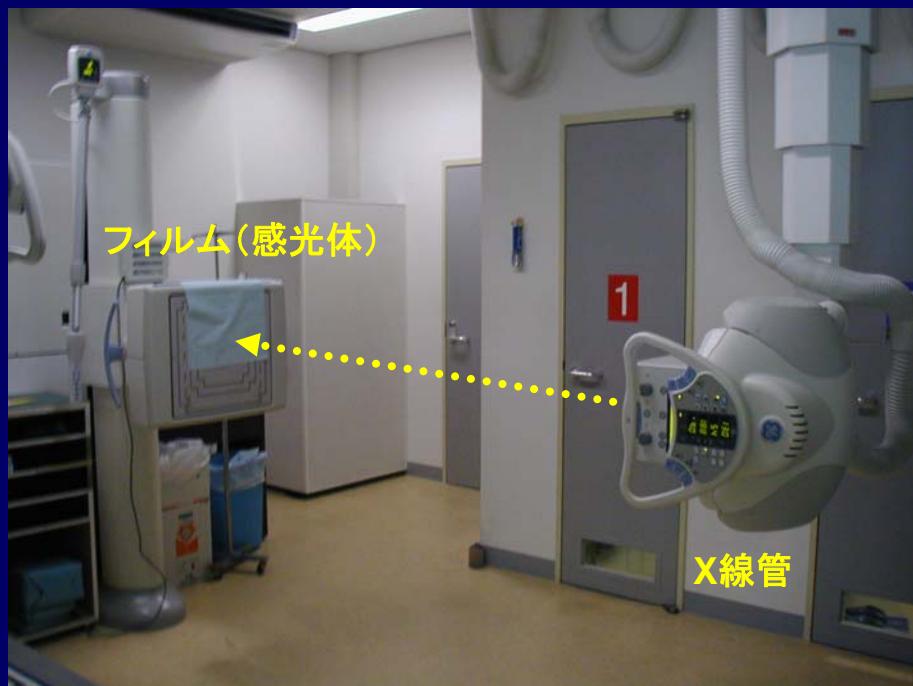
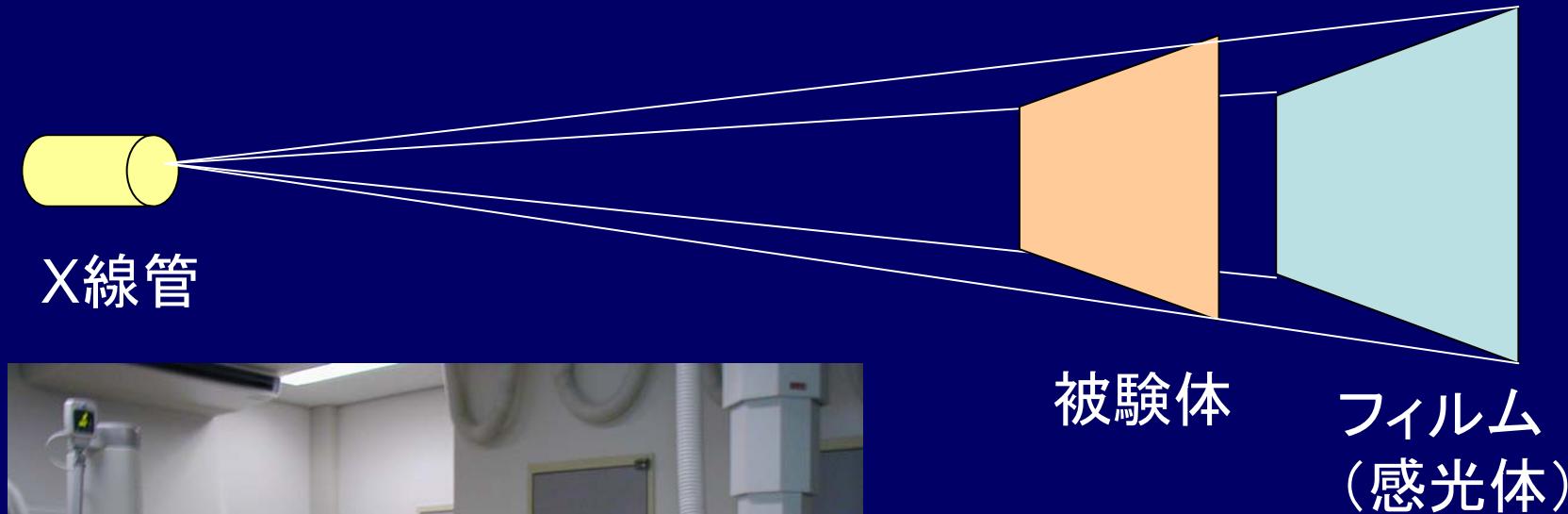
外照射療法

内照射療法

併用療法

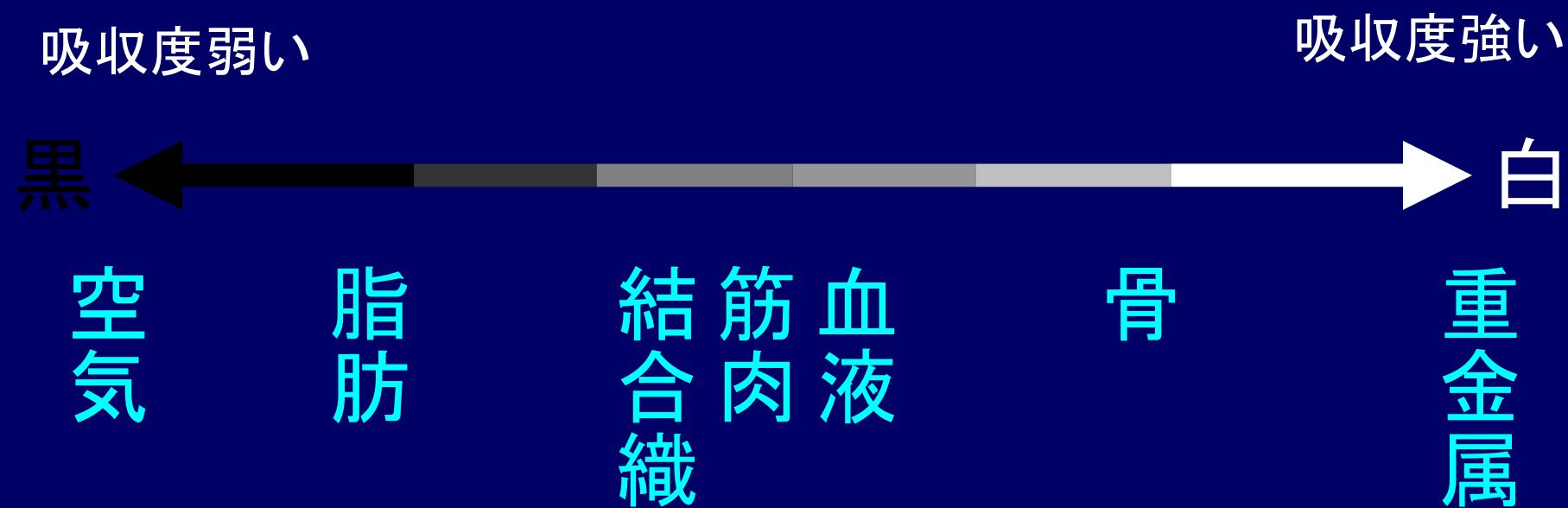


単純X線写真の原理

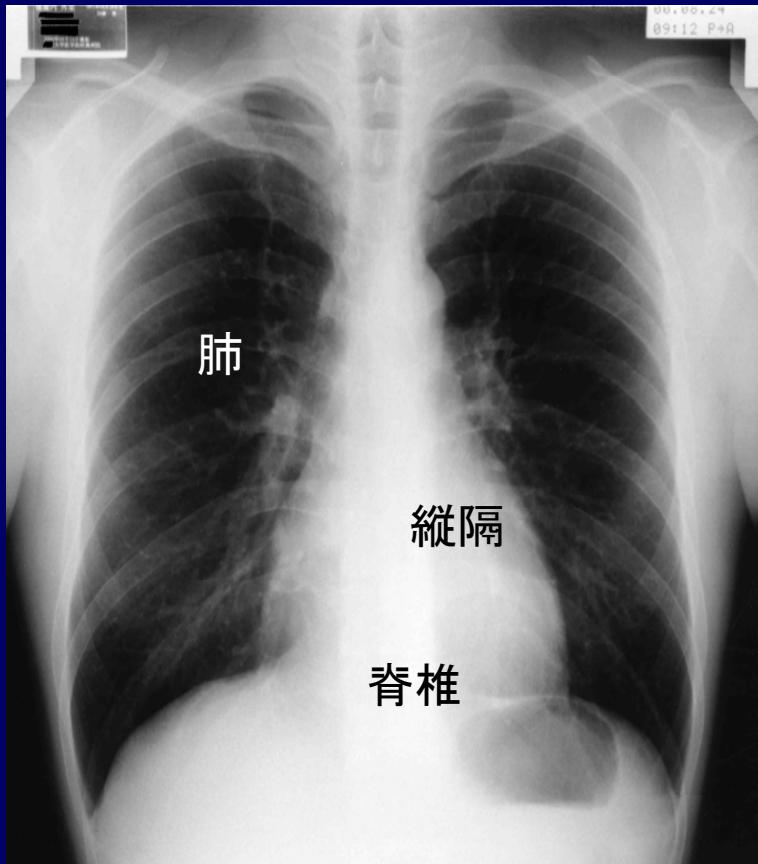


近年はフィルムの代わりに蛍光体などのさまざまな感光体も用いる。

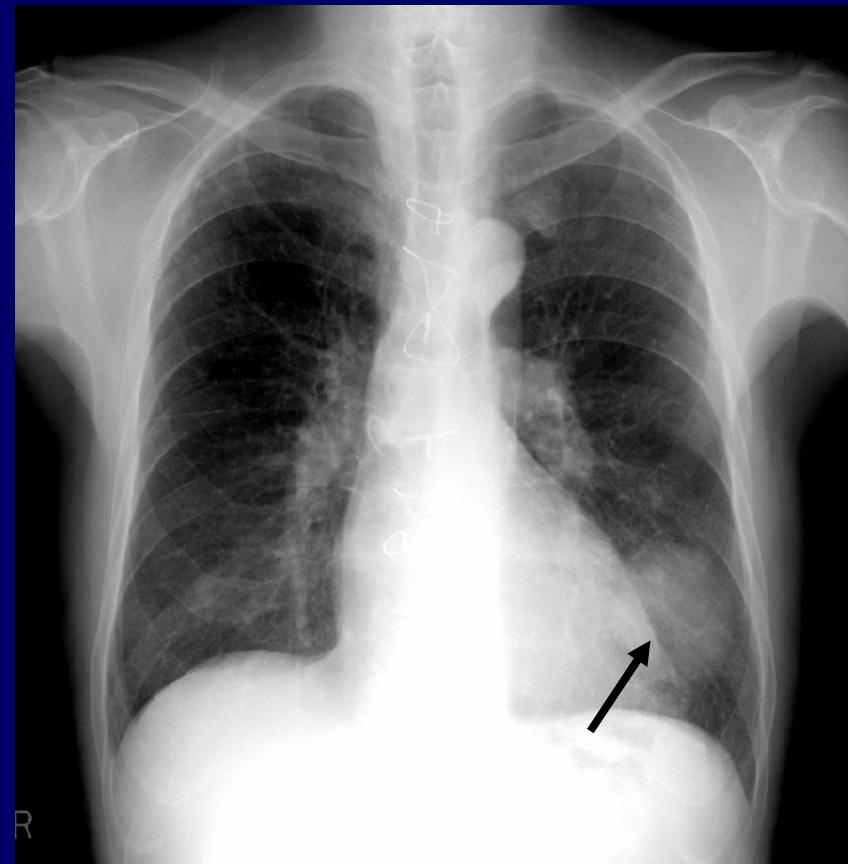
人体各組織のX線による吸収度の違い



胸部X線写真

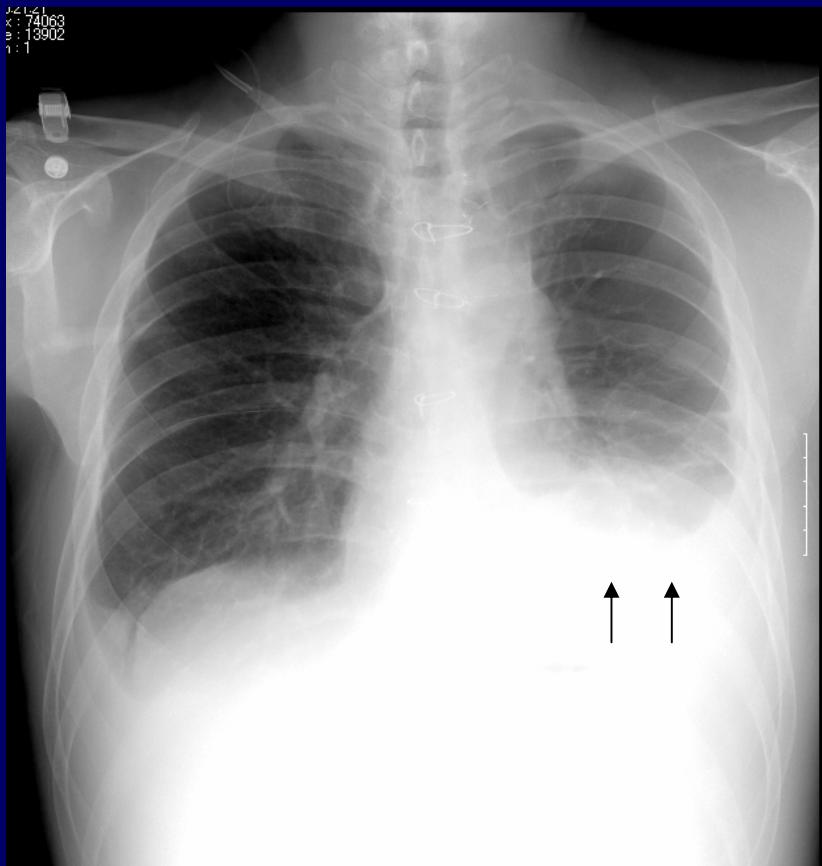


正常例

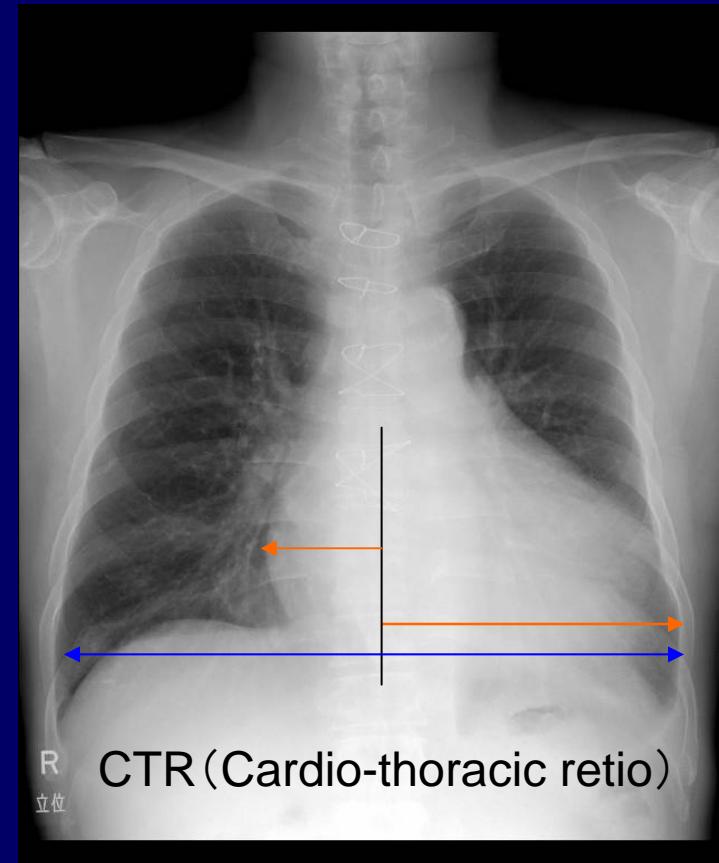


肺癌例

胸部X線写真

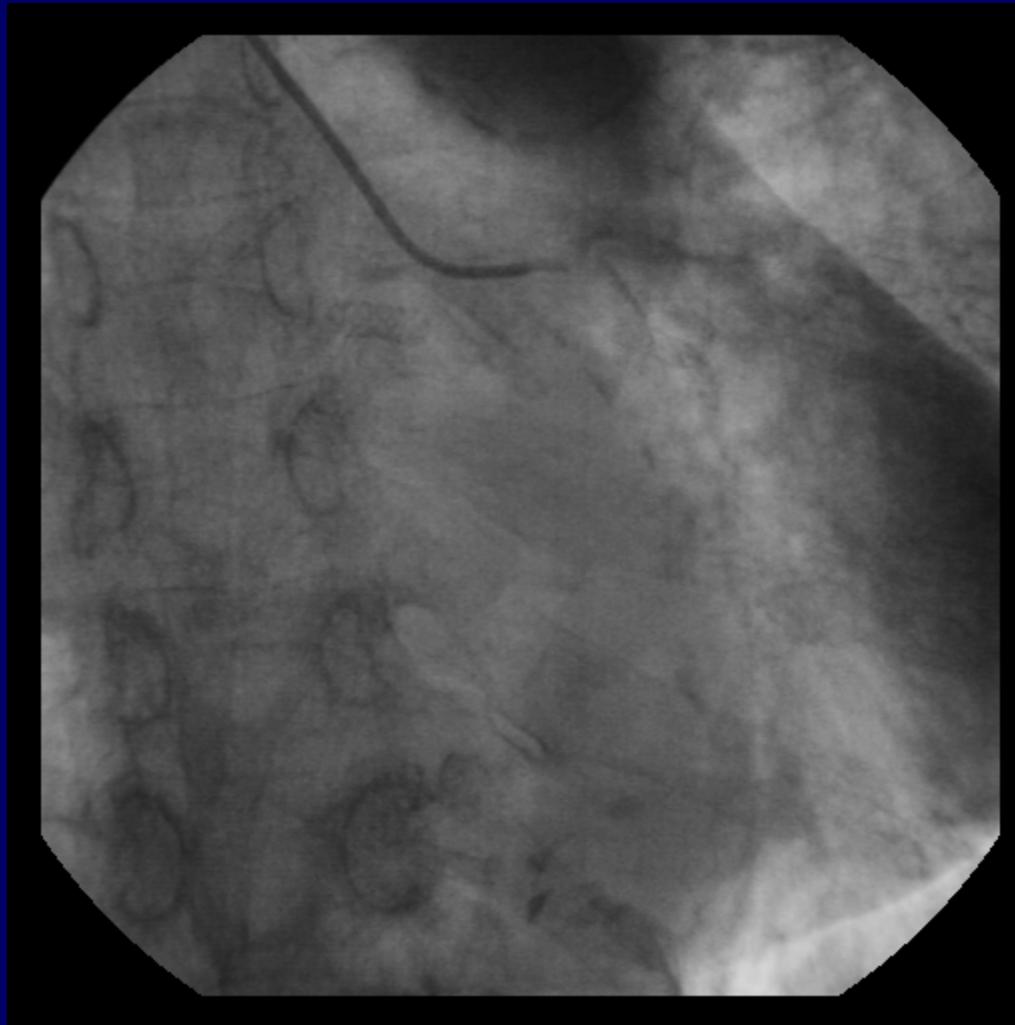


胸水貯留

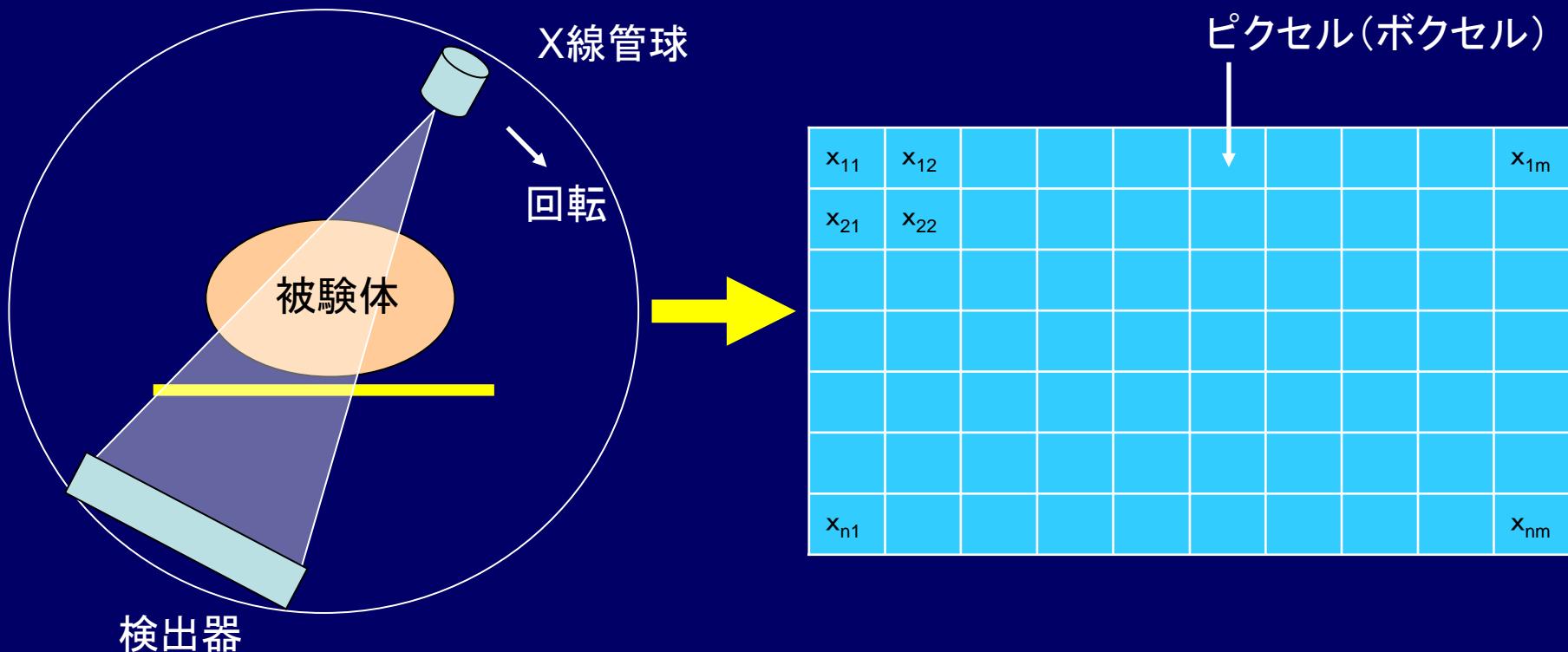


心拡大

心臓カテーテル検査

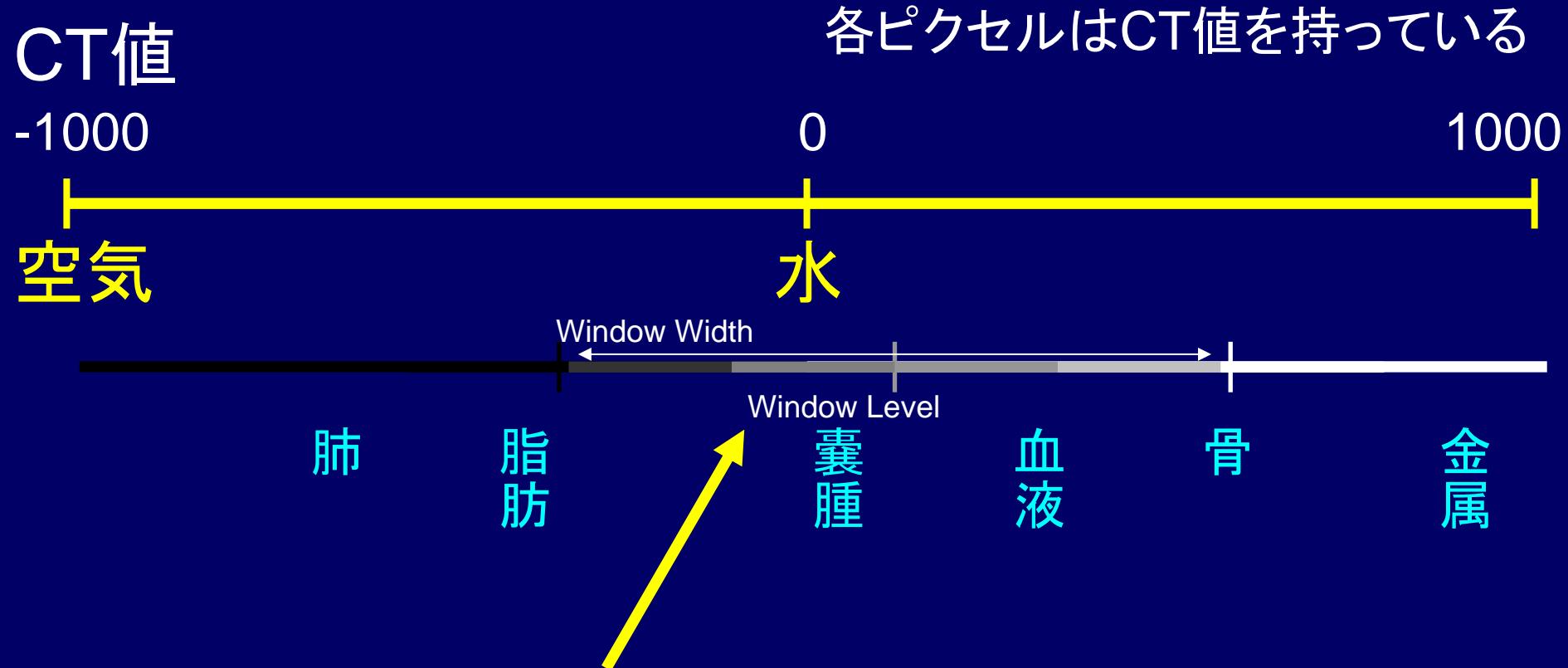


X線CTの原理



得られたデータを基に連立方程式を解いてマトリクス上の各ピクセル(ボクセル)のCT値を算出、代入する。

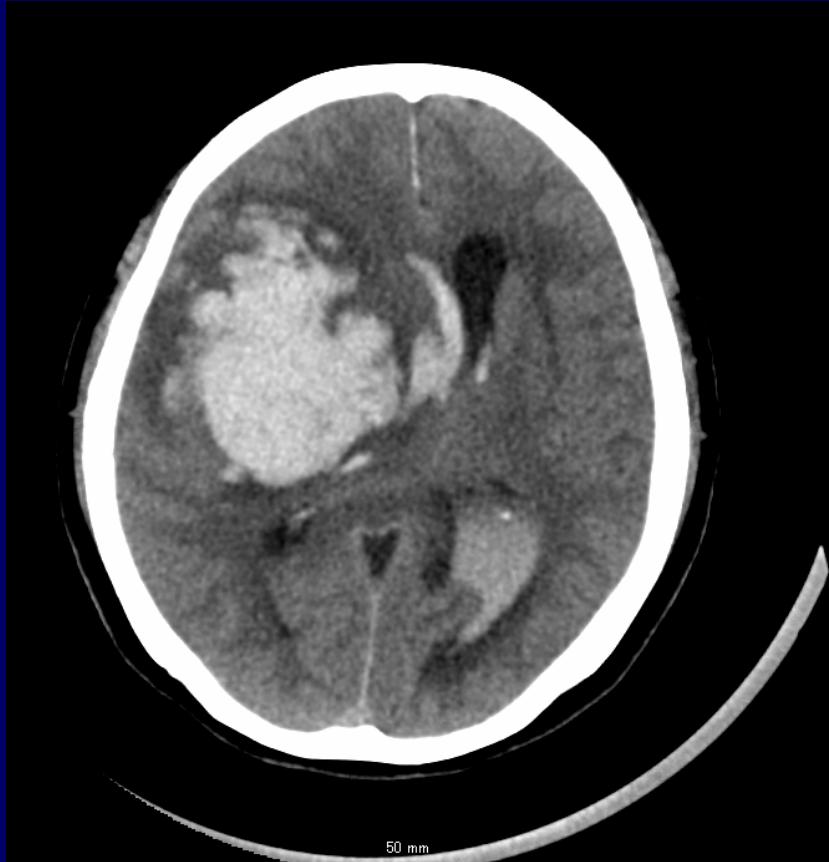
X線CTの画像化



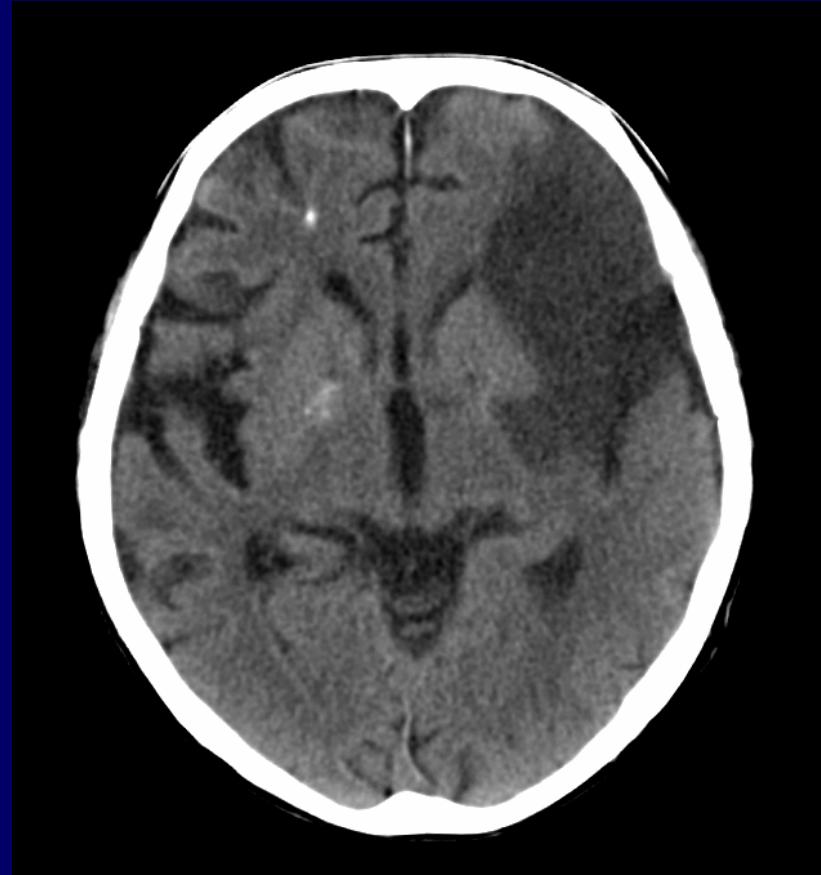
Windows level、widthは見やすいようにその都度変更する
Levelは明るさ、Widthはコントラストに相当



X線CT写真

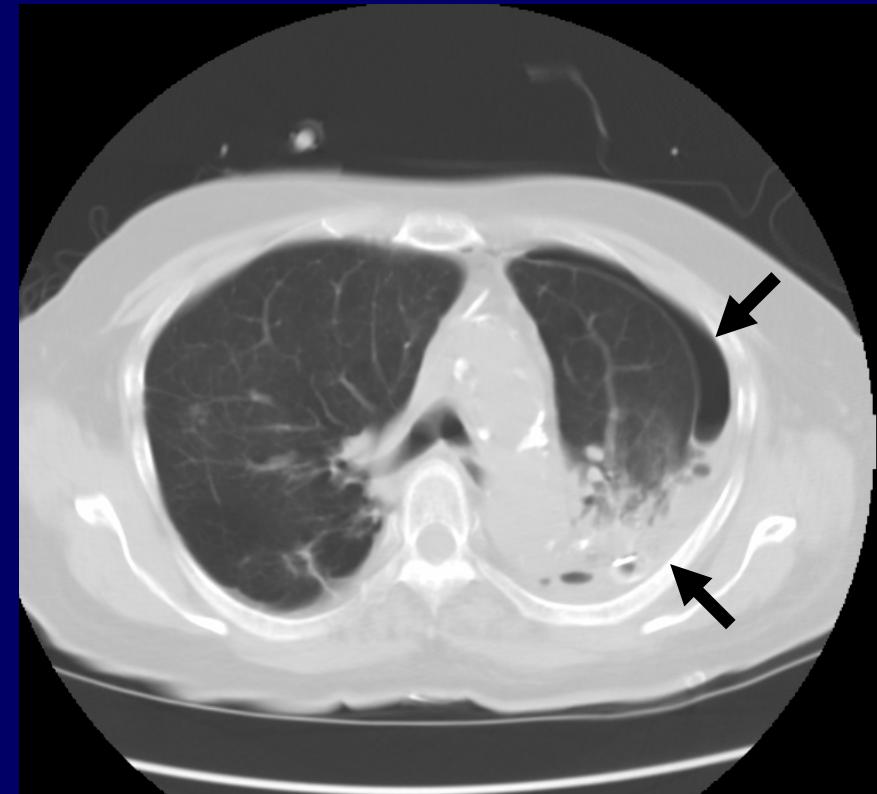


脳出血

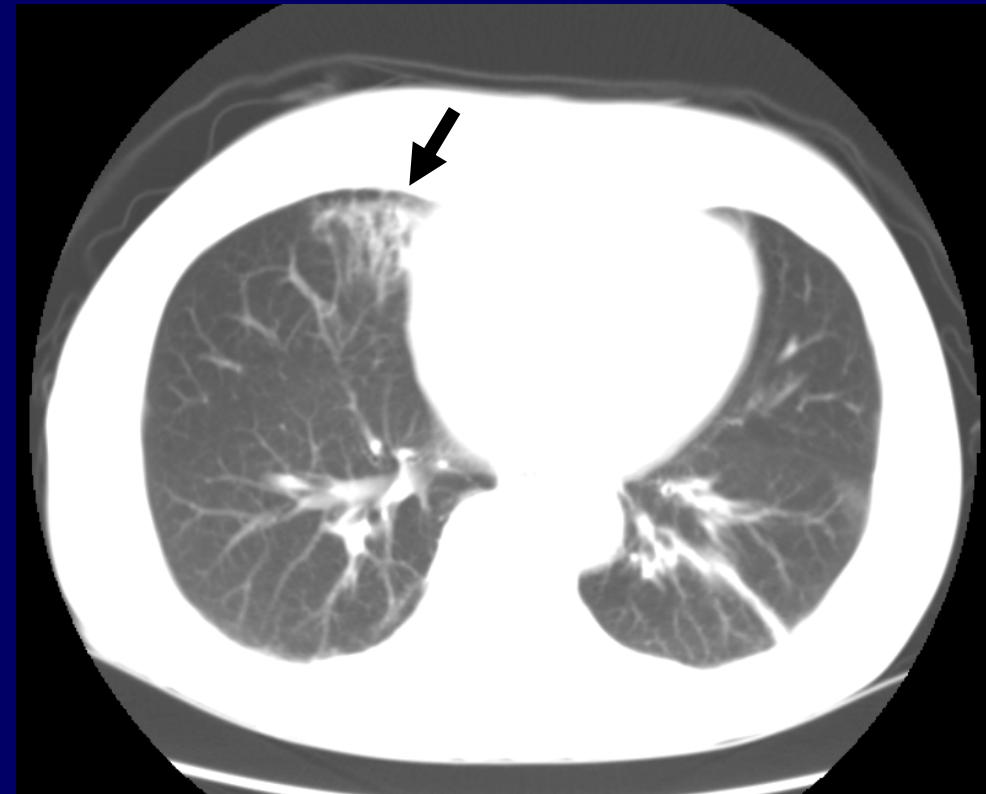


脳梗塞

X線CT写真



気胸、胸水



肺炎

放射線診断学

X線検査

核医学検査(RI)

超音波検査

磁気共鳴検査

放射線治療学

外照射療法

内照射療法

併用療法



核医学検査の原理

放射性同位体(RI、Radioisotope)を用い、 α 崩壊、 β 崩壊の後に放出する γ 線等を測定することにより診断を行う。

In Vivo検査	画像検査(シンチグラフィ) 非画像検査 資料測定検査
In Vitro検査	放射性免疫測定法(RIA) 競合的淡白結合測定法(CPBA) 放射受容体測定法(RRA) 拡散分析法 Etc.



シンチグラフィの原理

SPECT (Single photon emission CT)

ガンマカメラを用いて体内から放出される γ 線を測定し、画像化する。

PET (Positron emission CT)

陽電子を放出するRIを投与し、これを検出して画像化する。空間分解能に優れており、生体内に存在する原子番号のRI(^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O)を利用できる。大掛かりな施設(サイクロトロン)が必要。

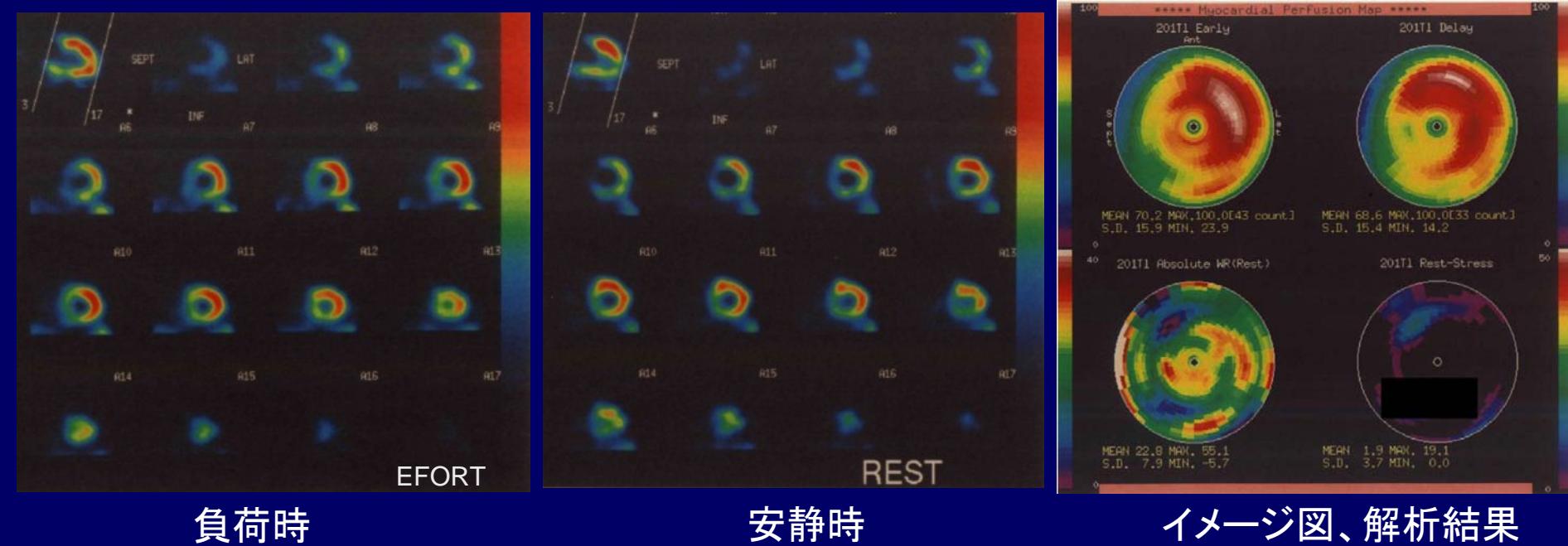


ガンマカメラ



心筋シンチグラフィ

201TI心筋シンチグラフィ(心筋血流シンチグラフィ)



負荷時

安静時

イメージ図、解析結果

欠損部位は血流が低下していることを示しており、心筋梗塞や狭心症等の心臓疾患の可能性が示唆される。



放射線診断学

X線検査

核医学検査

超音波検査 (Echo)

磁気共鳴検査

放射線治療学

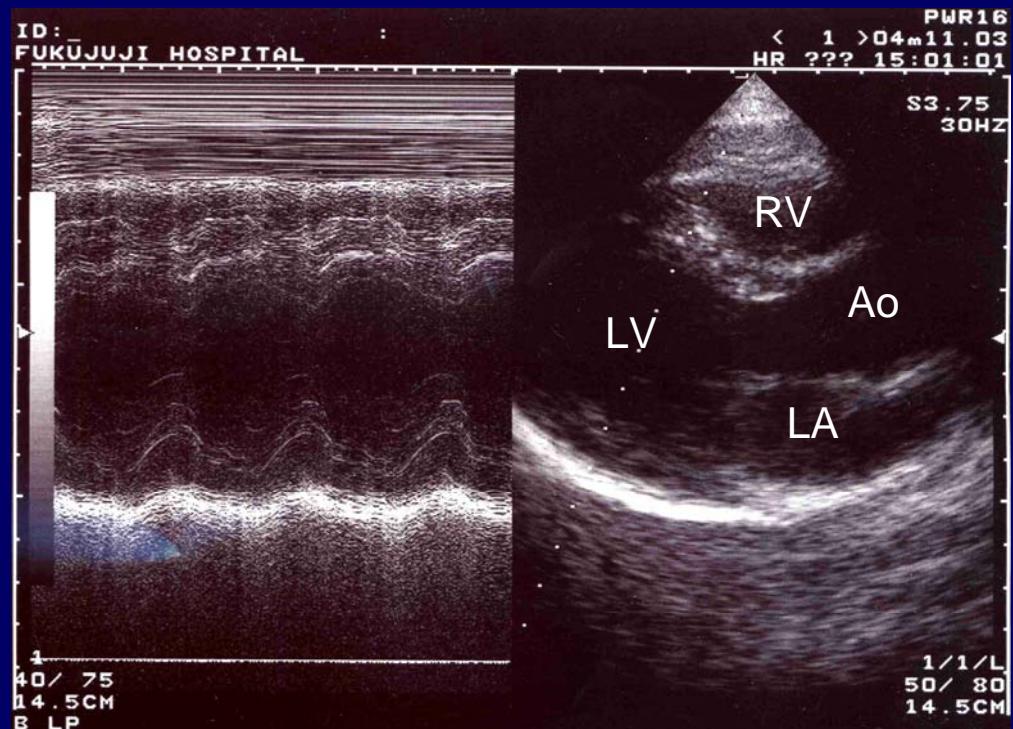
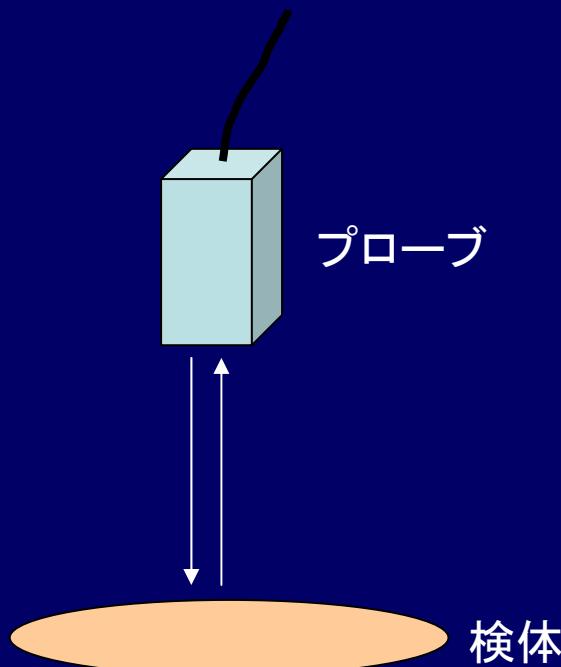
外照射療法

内照射療法

併用療法



超音波検査の原理

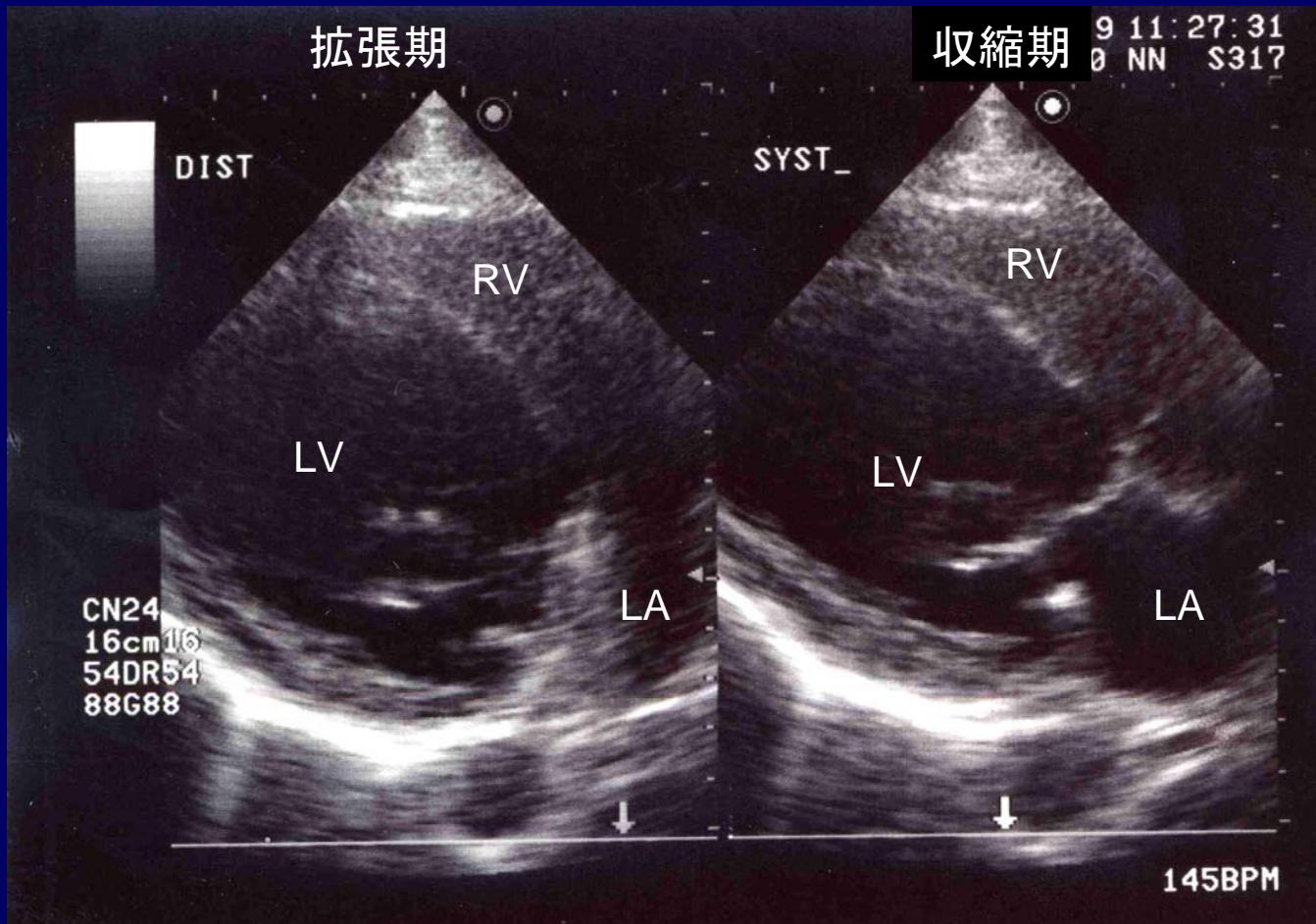


超音波を利用して画像を得る。
空気があると超音波は拡散してしまったため、注意が必要。

Mモード

Bモード
(断層法)

心エコー図法



拡張型心筋症例



超音波ドップラー法

カラードップラー法

断層エコー(Bモード)にプローブに向かう血流は赤、遠ざかる血流は青で示し、リアルタイムに表示する。

連續波ドップラー法

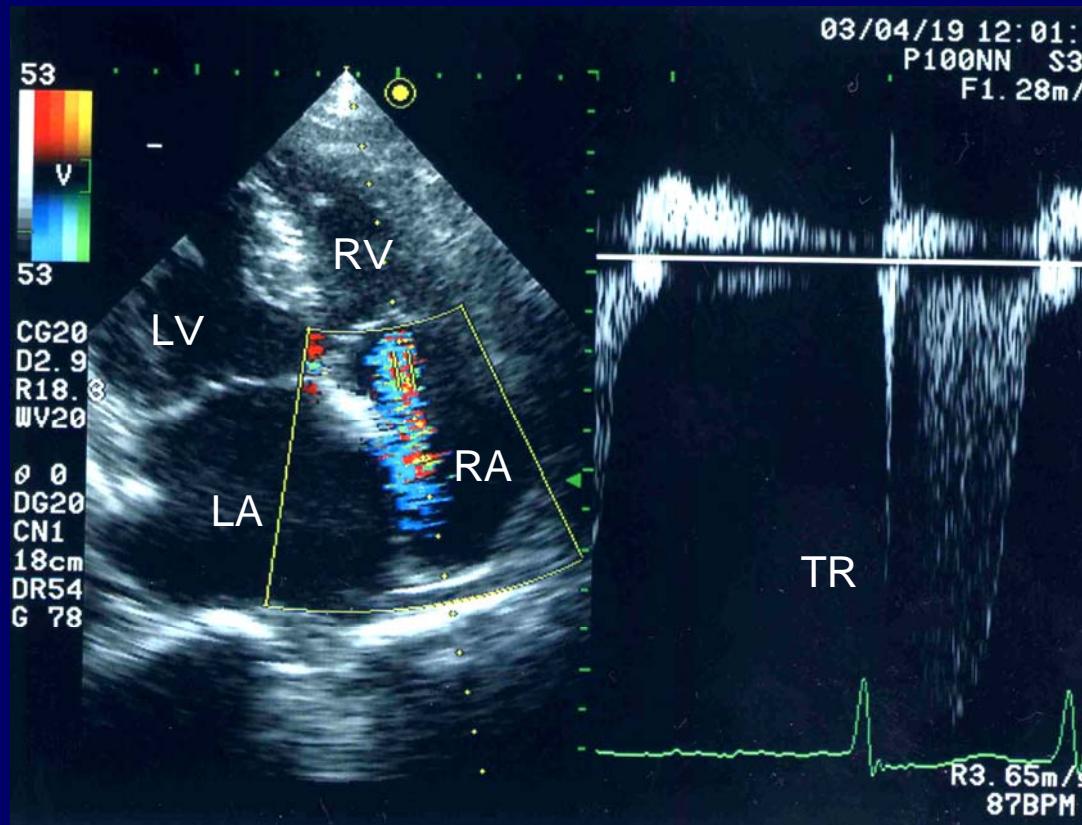
血流等の検出に用いられることが多い。

パルスドップラー法

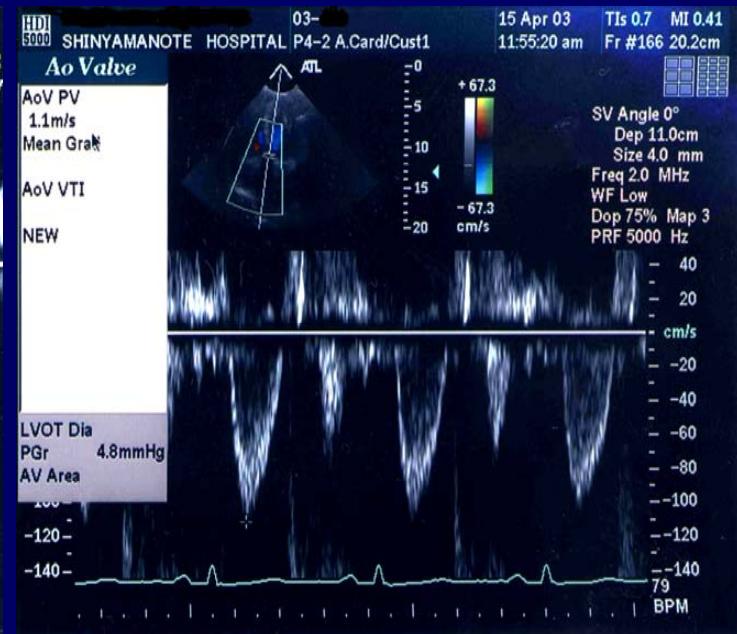
パルス状に超音波を発信することにより任意の深さの血流を測定できるが、PRF(パルス繰り返し周波数)により最大流速に限界がある。



超音波ドップラー法



連続波ドップラー法



血流速度から圧較差の推定式を適用すると疾患の重症度を推定することが可能

$$PG \text{ (mmHg)} = 4v(\text{m/s})^2$$



放射線診断学

X線検査

核医学検査

超音波検査

磁気共鳴検査(MRI、MRS、ESR)

放射線治療学

外照射療法

内照射療法

併用療法



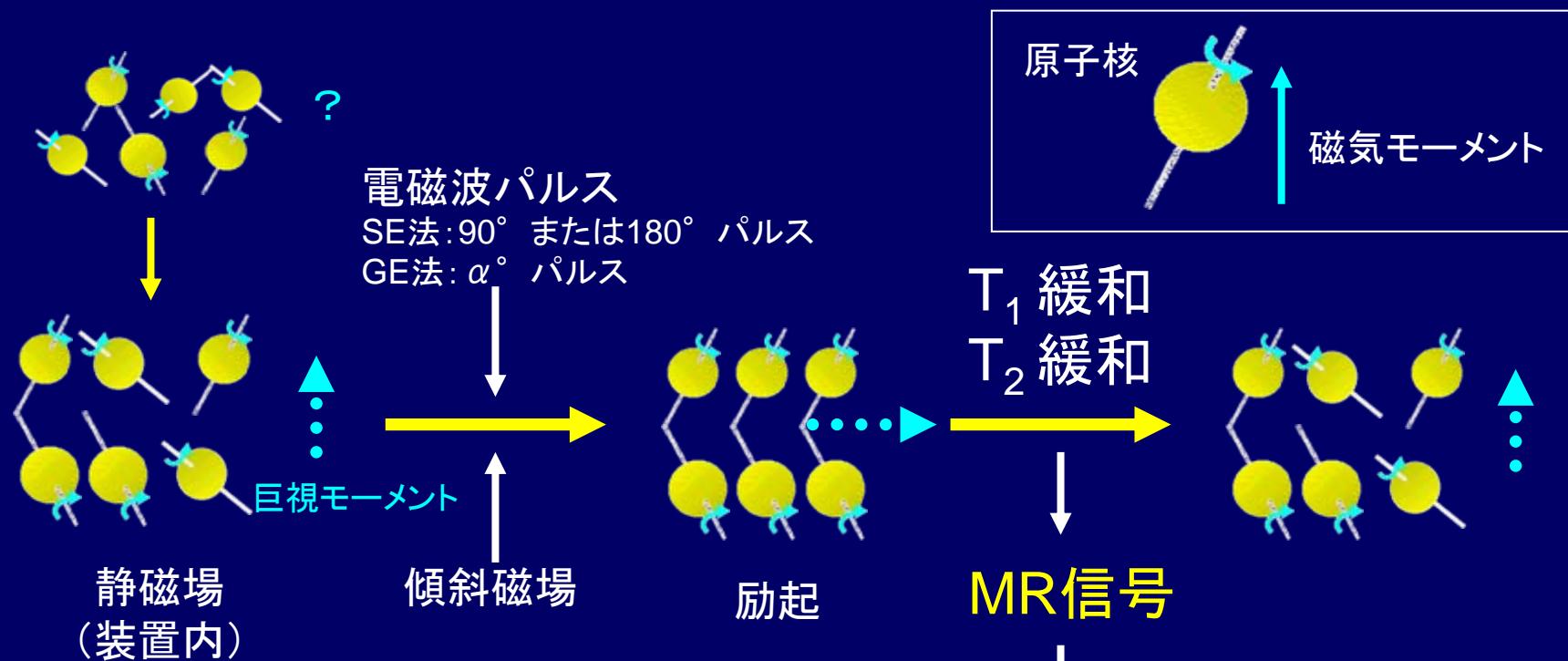
MRIの原理

医療においては ^1H の原子核(陽子)の核磁気共鳴(NMR)現象を利用することが多い。

緩和現象(T_1 緩和、 T_2 緩和)に伴うMR信号を
収集し、画像化したのがMRI (Magnetic
Resonance Imaging)。



核磁気共鳴(NMR)現象



1. 特殊な原子核(陽子、中性子共に奇数あるいは一方が奇数)は磁石である
2. 巨視(磁気)モーメントの方向が状態によって変化する
3. 組織、状態によって T_1 、 T_2 は異なる

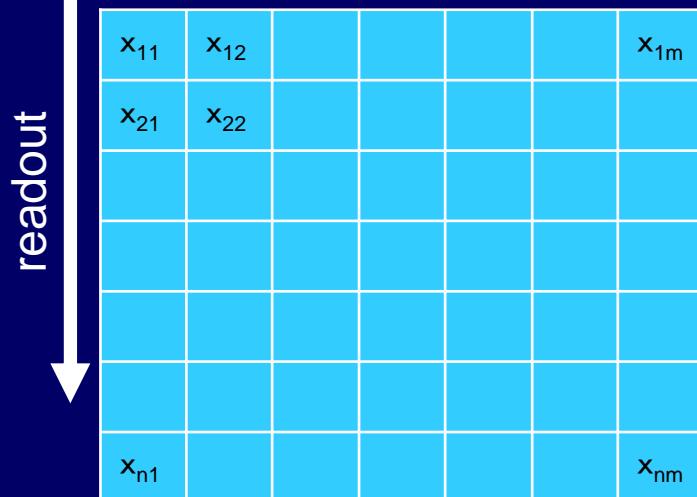
T_1 緩和 巨視モーメントの緩和
 T_2 緩和 各原子核スピンの位相の緩和

29

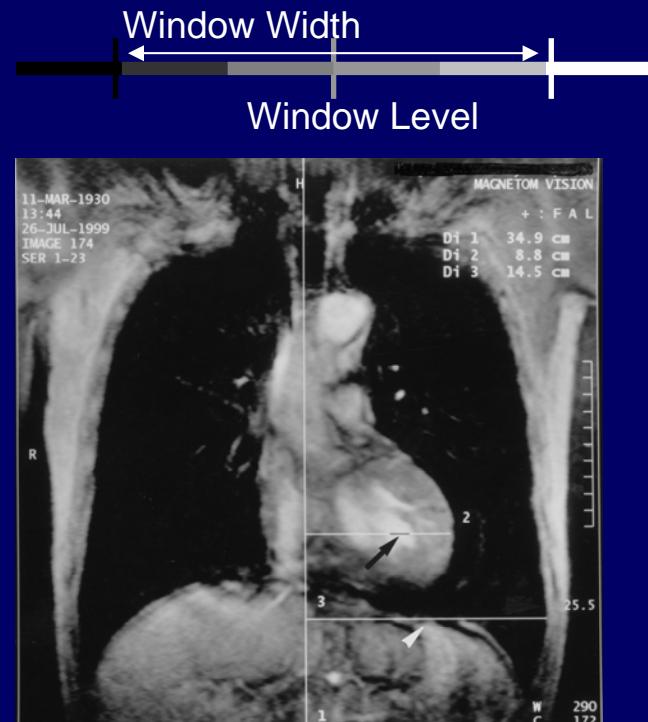
MR信号の画像化

(二次元MRI)

Phase encoding



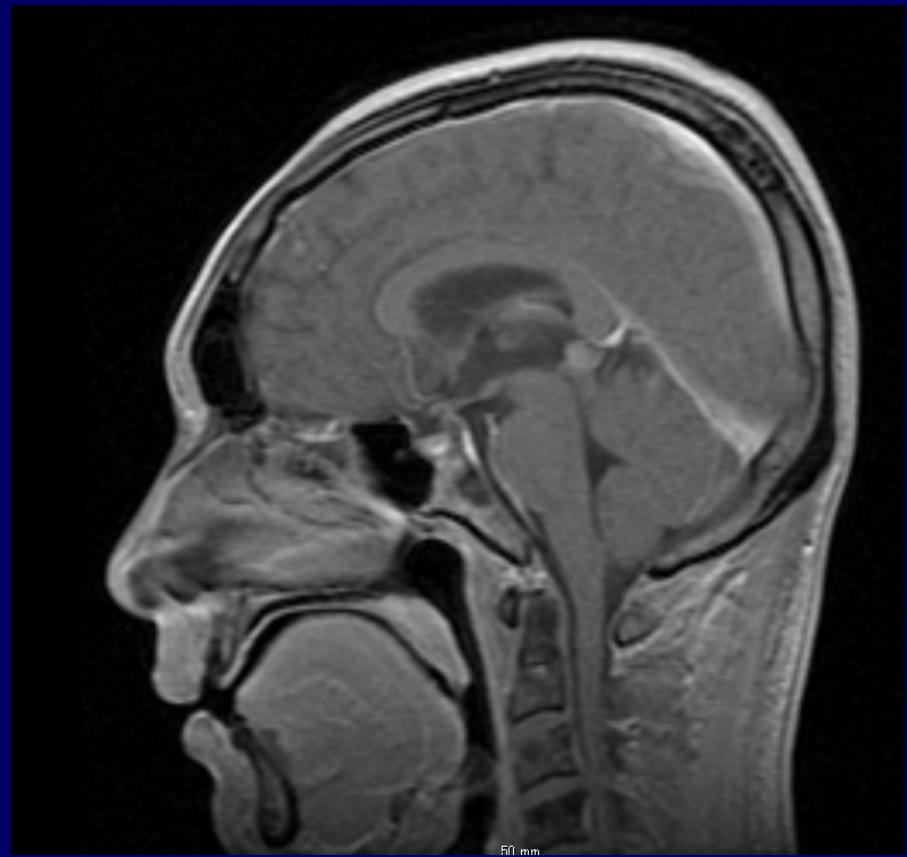
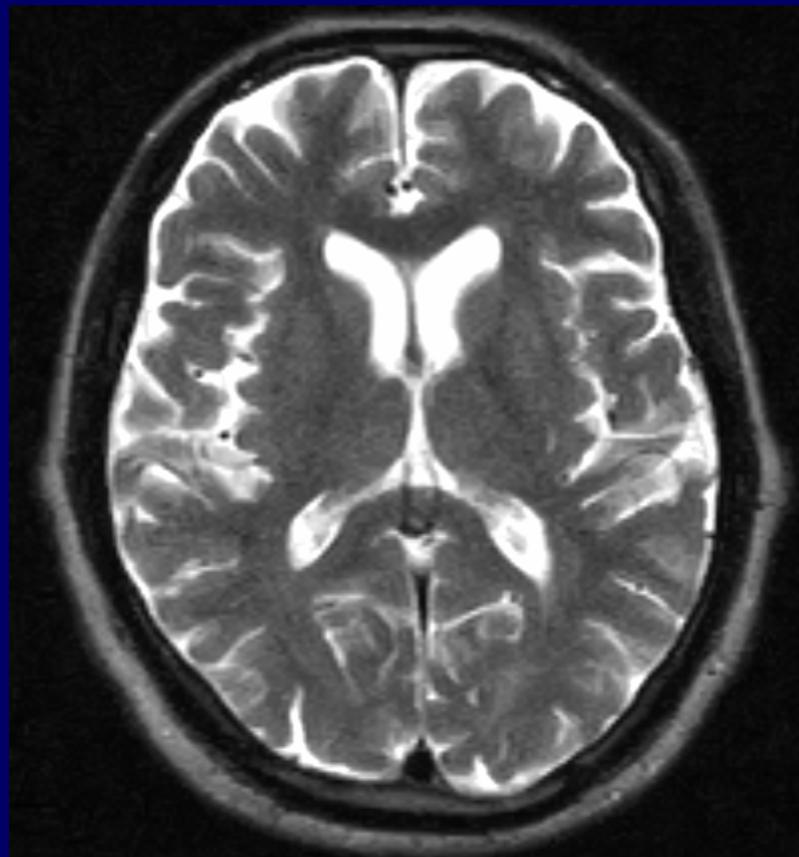
画像化



各ピクセル(ボクセル)にMR
値を代入していく



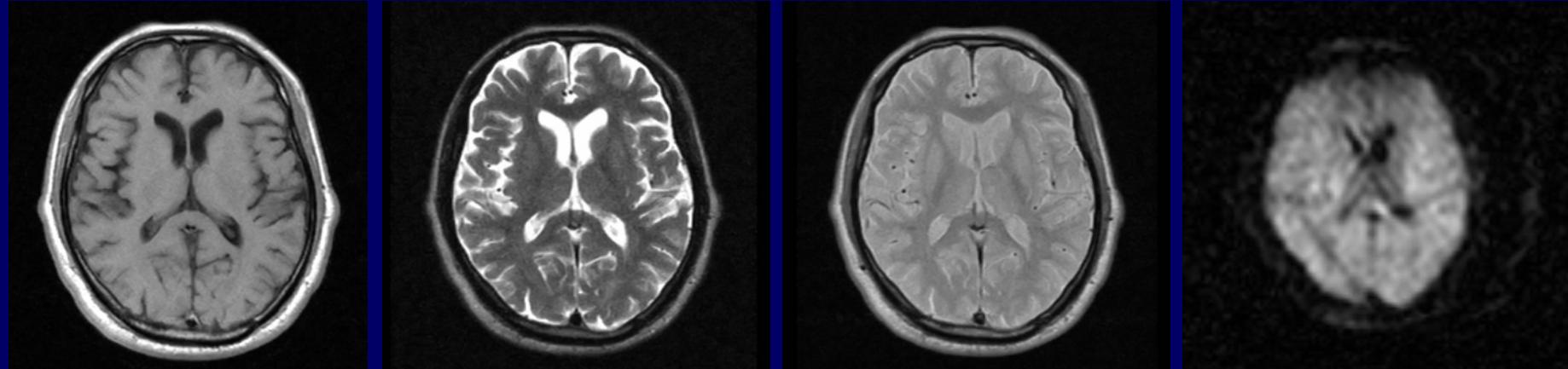
MRI写真例



頭部正常例
MRIでは任意の断面を設定可能



MRI写真例



T₁強調画像

T₂強調画像

プロトン密度強調画像

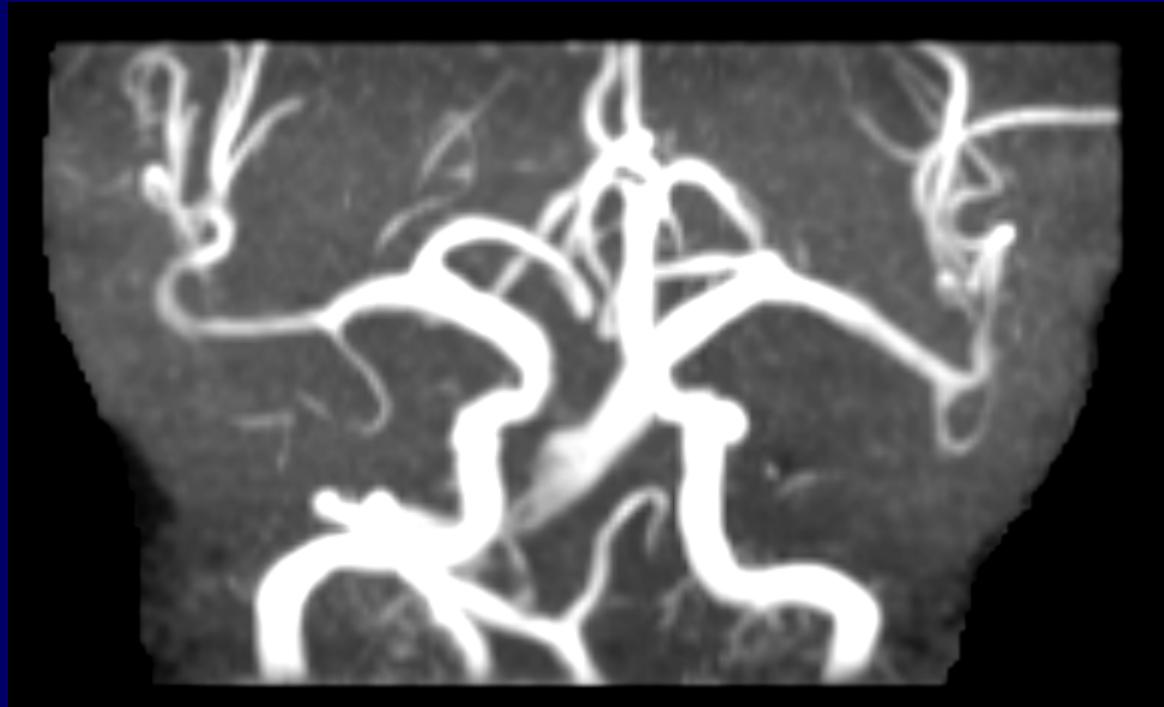
拡散強調画像

スピンドエコー法における画像の違い

MRIでは撮像条件によって画像は異なった形相を示す。



MRA

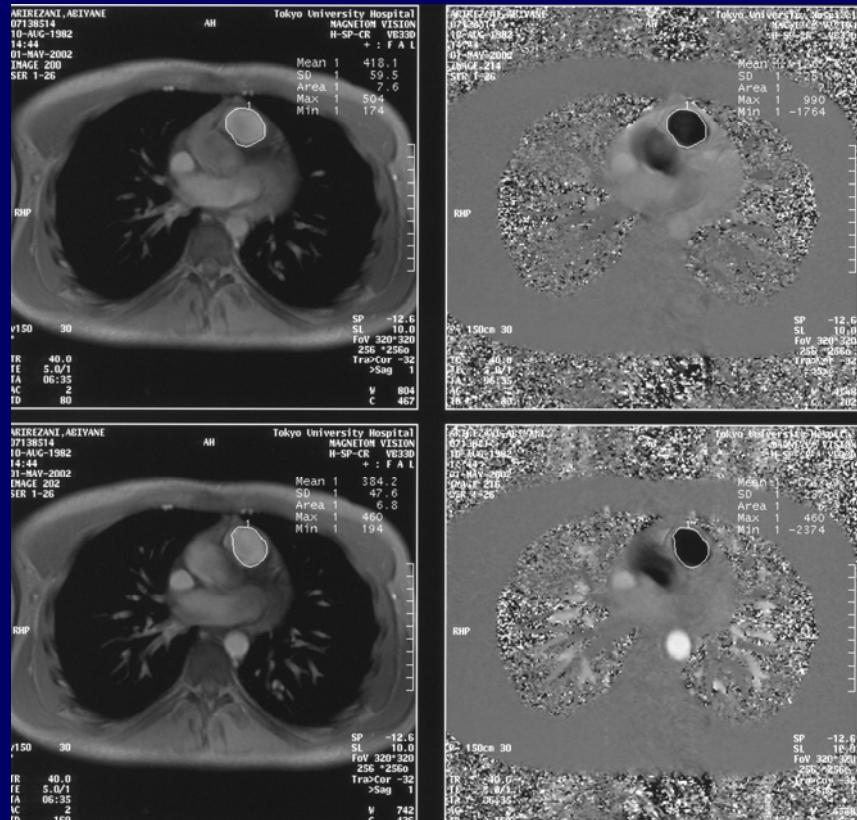
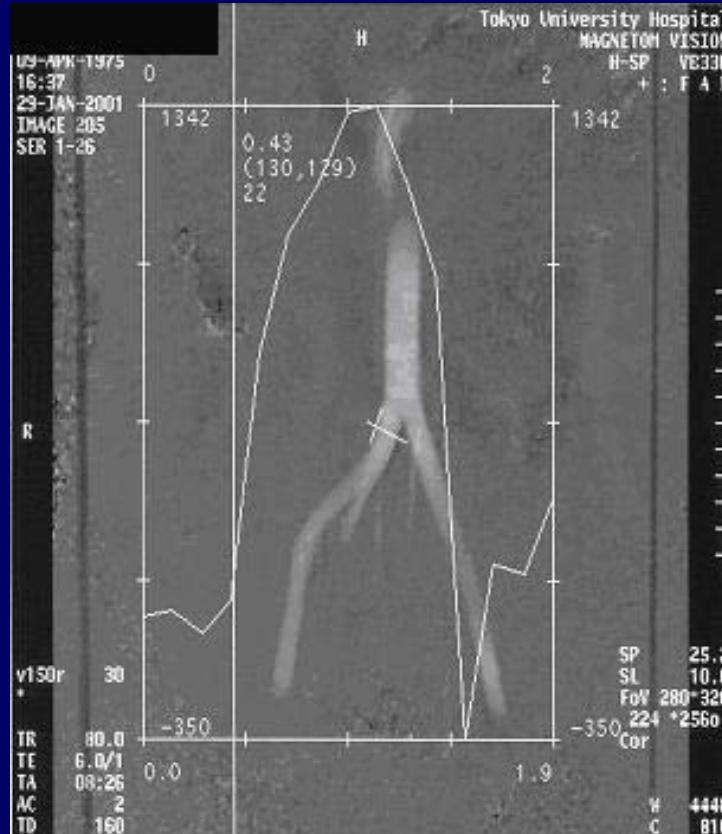


頭部血管MRA(MR Angiography)
MIP(最大値投影法)による画像構成例
造影剤を使用する方法と使用しない方法がある



Velocity Encoding

MRIでは血流速度を計測することも可能
Phase Contrast法による例



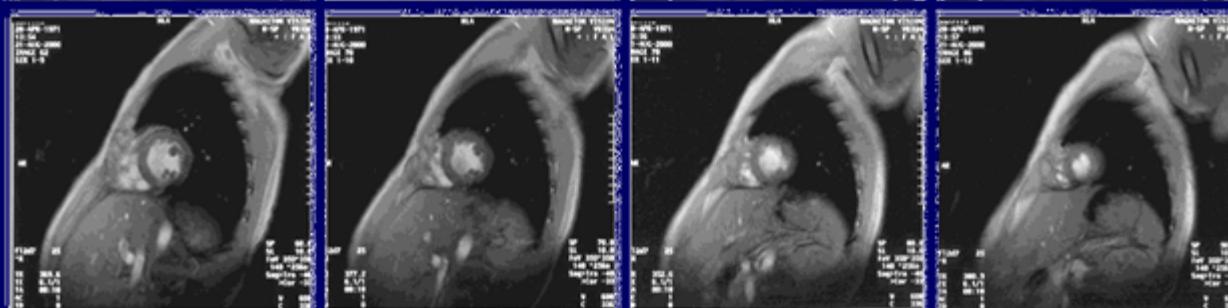
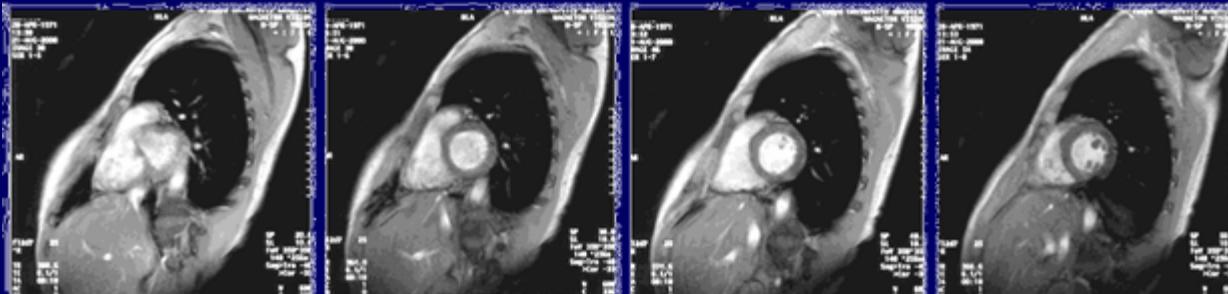
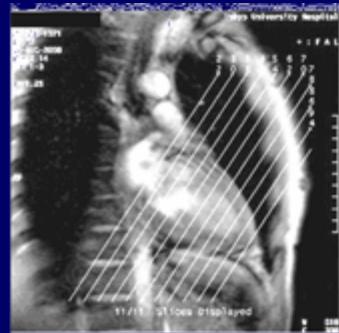
In plane

Through plane



心臓MRI

心臓のように動きのある臓器は心電図同期などの特殊な手法が必要。



正常心臓例

肥大型心筋症例

心臓MRI



冠動脈MRA撮像(川崎病症例)

従来の冠動脈造影と異なり放射線被爆、ヨード系造影剤による副作用などに影響されないため、より非侵襲的に検査を行うことが可能



今後の画像診断の流れ

より非侵襲的に
より簡便に
よりわかりやすく
より速く



ハードウェアのみならず、ソフトウェアの充実が重要！

ハードウェアの高速化
診断精度の向上のためのソフトウェア開発研究



3D CT

CTで得られた画像を用いて3D再構成することが可能
患者への説明等に用いる場合はわかりやすく、非常に有用である

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『Radiology 2002 223:212-22』
を省略させていただきます。

再構成
→

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『Radiology 2002 223:212-22』
を省略させていただきます。

Radiology 2002 223: 212-22

3D画像再構成の際に一部存在しないデータを補完しているので、解釈には
その点を留意する必要がある

3D CT

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『動脈瘤,Radiology 2003 226:798』
を省略させていただきます。

動脈瘤

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『閉塞性動脈硬化症,Radiology 2003
226:798』
を省略させていただきます。

閉塞性動脈硬化症

Radiology 2003 226:798-



3D MRA

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『脚部動脈MRA, Radiology 2003
10:1148』
を省略させていただきます。

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『脚部動脈MRA, Radiology 2003
10:1148』
を省略させていただきます。

脚部動脈MRA

Radiology 2003 10:1148-



3D MRA

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『冠動脈MRA(右冠動脈), Radiology
2003 227:283』
を省略させていただきます。

著作権処理の都合で、
この場所に挿入されていた
『冠動脈MRA(右冠動脈), Radiology
2003 227:283』
を省略させていただきます。

冠動脈MRA(右冠動脈)

Radiology 2003 227:283-
41

University of Tokyo Clinical Bioinformatics



MRIによるVSDの評価

VSD(心室中隔欠損症)

手術適応の評価にQp/Qs(肺体動脈血流比)を用いる

$Qp/Qs < 1.5$ 経過観察

$1.5 \leq Qp/Qs < 2.5$ 相対的手術適応

$Qp/Qs \geq 2.5$ 手術絶対適応

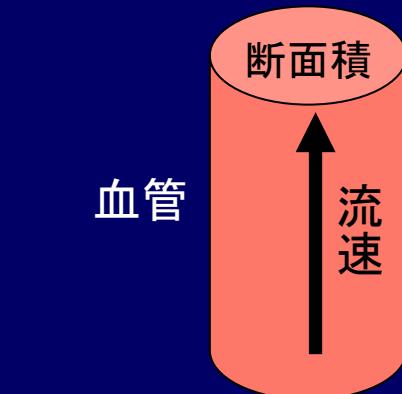
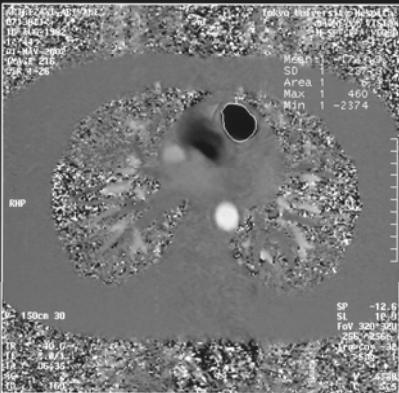
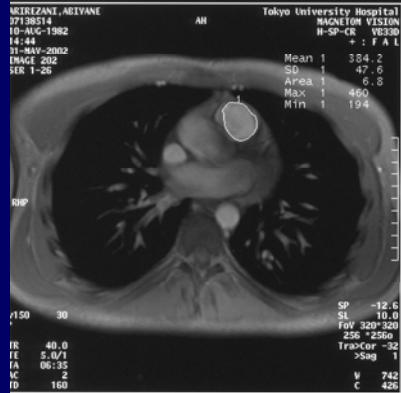
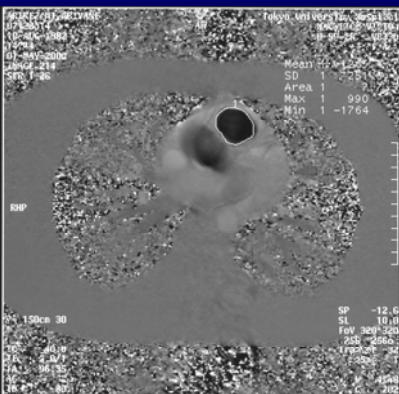
従来:心臓カテーテルによる評価



将来:MRIによる非侵襲的な評価が期待される



MRIによるVSDの評価



$$\text{肺動脈血流量} = \text{肺動脈平均流速} \times \text{肺動脈断面積}$$
$$\text{大動脈血流量} = \text{大動脈平均流速} \times \text{大動脈断面積}$$

$$Qp/Qs = \text{肺動脈血流量} / \text{大動脈血流量}$$

MRIによる流速の計測
(Velocity mapping)