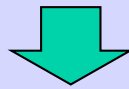


核磁気共鳴 = Nuclear Magnetic Resonance = NMR

磁場をかけた原子核に電磁波を照射して、原子核に磁気的な共鳴を起こす現象

- 原子核を検出体として物質内部の磁気的性質や電子状態を微視的に調べる実験・測定手段として利用
- 原子核位置での微視的・局所的情報が得られる。

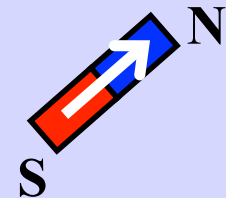
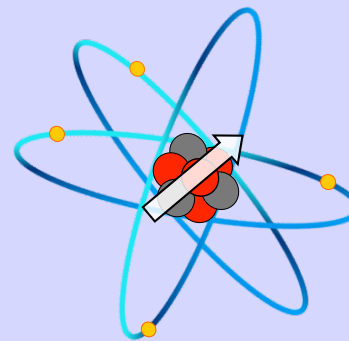


- 物性物理学、化学、生物、医学、心理学分野の研究の強力な手段
医療への応用(MRI)

原子核は、

角運動量(スピン)と
磁石(磁気モーメント)
の性質を持っている。

自転する微小磁石(N極-S極)



核磁気共鳴NMR原理

古典力学的描像

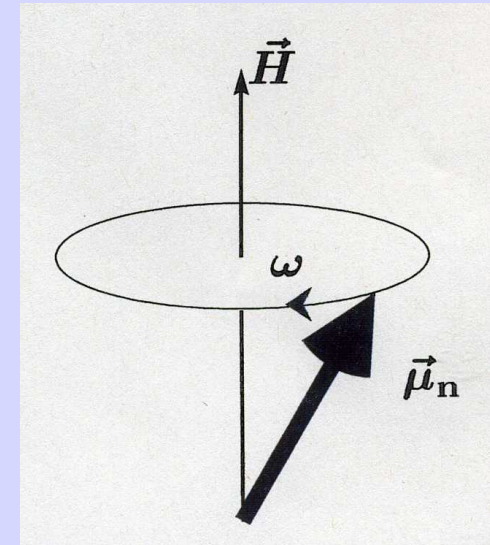
磁場 $\vec{H}$ の下で核磁気モーメント $\vec{\mu}_n$ が従う運動方程式

$$\frac{d\vec{\mu}_n}{dt} = \vec{\mu}_n \times \gamma \vec{H}$$

$\vec{\mu}_n$: 核磁気モーメント

$\vec{H}$: 磁場

γ : 磁気回転比



核磁気モーメント $\vec{\mu}_n$ は磁場 $\vec{H}$ を軸として

角振動数 $\omega = \gamma H$ (周波数 $\nu = \frac{1}{2\pi} \gamma H$) で回転する。

Larmor 歳差運動

重力中のコマの首振り運動と同じ。(角運動量と重力)

固有振動数と同じ周波数の電磁波を入れると共鳴吸収が起こる。

γ : 磁気回転比 原子核により異なる

^1H : 42.6 MHz / T

^{63}Cu : 11.3 MHz / T

核磁気共鳴 NMR の原理

量子力学的描像

磁場 $\vec{H}$ の中での核スピン $\vec{I}$

上向きスピン $\uparrow$ と 下向きスピン $\downarrow$ とで
磁気エネルギーが異なる。

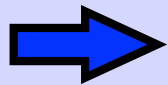
エネルギー差 $\Delta E = \frac{h}{2\pi} \gamma H$ で分裂

(h : プランク定数, γ : 核固有の定数)

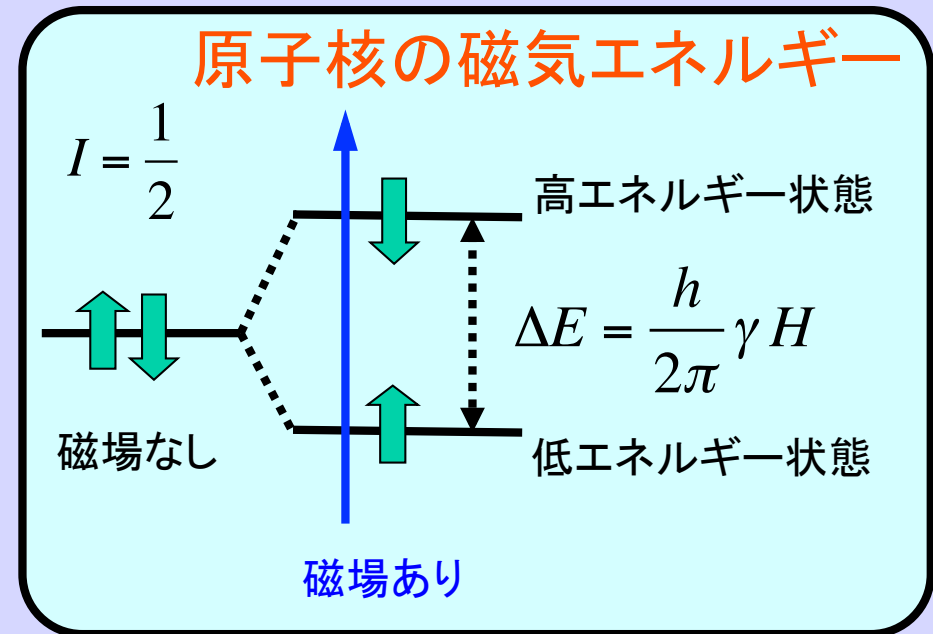
磁場の大きさに比例

エネルギー差 ΔE と同じエネルギー $h\nu$ をもつ電磁波を入射すると、
原子核は励起され、エネルギーが吸収される。

$$\Delta E = \frac{h}{2\pi} \gamma H = h\nu$$



共鳴条件 $\nu = \frac{1}{2\pi} \gamma H$



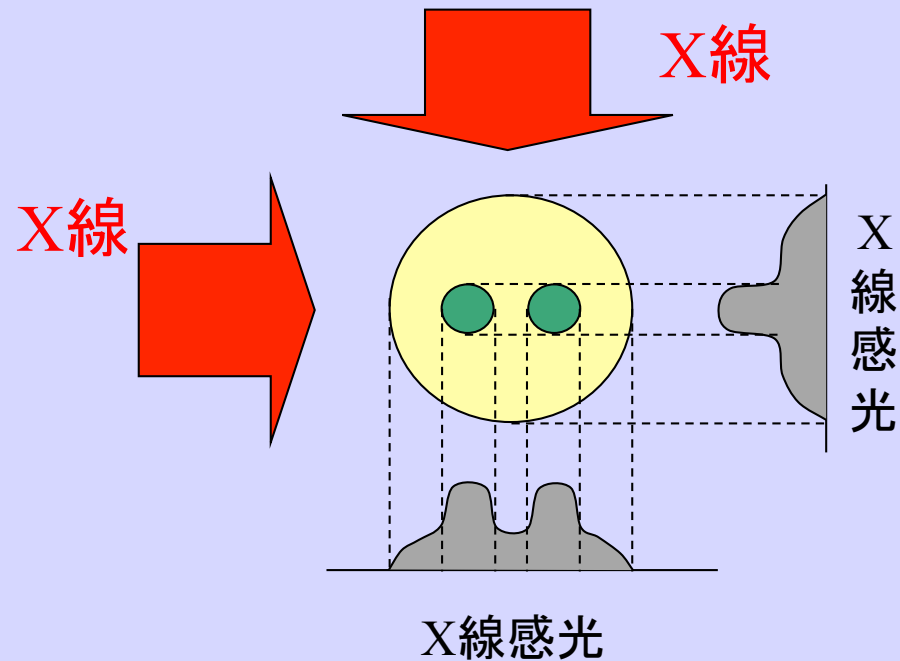
核磁気共鳴

磁場の大きさに比例して、
吸収される電磁波の周波数が変わる。

X線CT

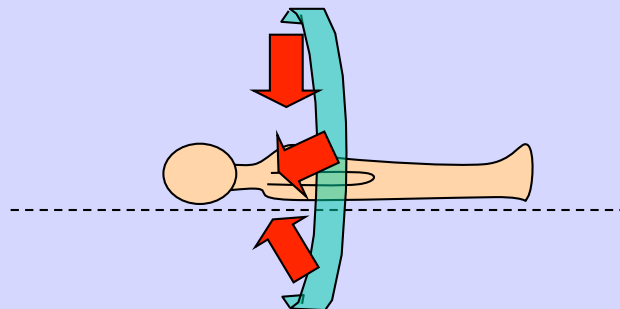
Computer Tomography

X線断層写真撮影



X線の透過率で
感光体に明暗を生じる

- ⇒ 回り一周、多くの角度から撮影
- ⇒ それらの写真をコンピュータで合成
- ⇒ 断面写真を作成



放射線障害の危険性
形態のみの情報

MRI

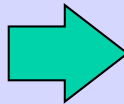
磁気共鳴造影法

Magnetic Resonance Imaging

体内の水、タンパク質等の内部の水素原子核である陽子に核磁気共鳴吸収

共鳴条件

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \gamma H$$



場所によって磁場の大きさを変える。

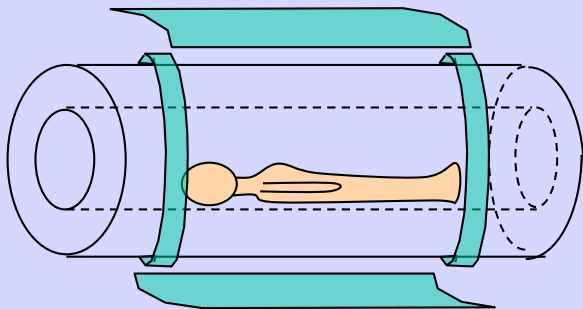
⇒ 場所によって共鳴周波数が異なる。

⇒ ある周波数の時は、その共鳴磁場の箇所のみ吸収信号を生じる。

⇒ 水素の多いところでは吸収信号が強い。

⇒ 水素の分布写真

超伝導磁石



電磁波

周波数 ν
を変える

H 磁場勾配

x

y 磁場勾配

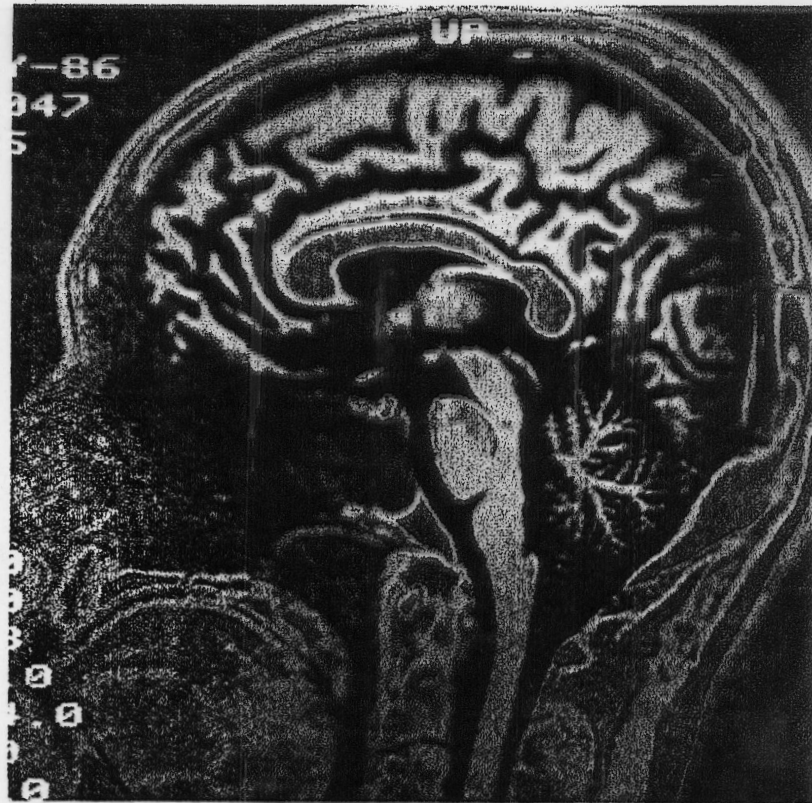
H

ν, y

ν, x

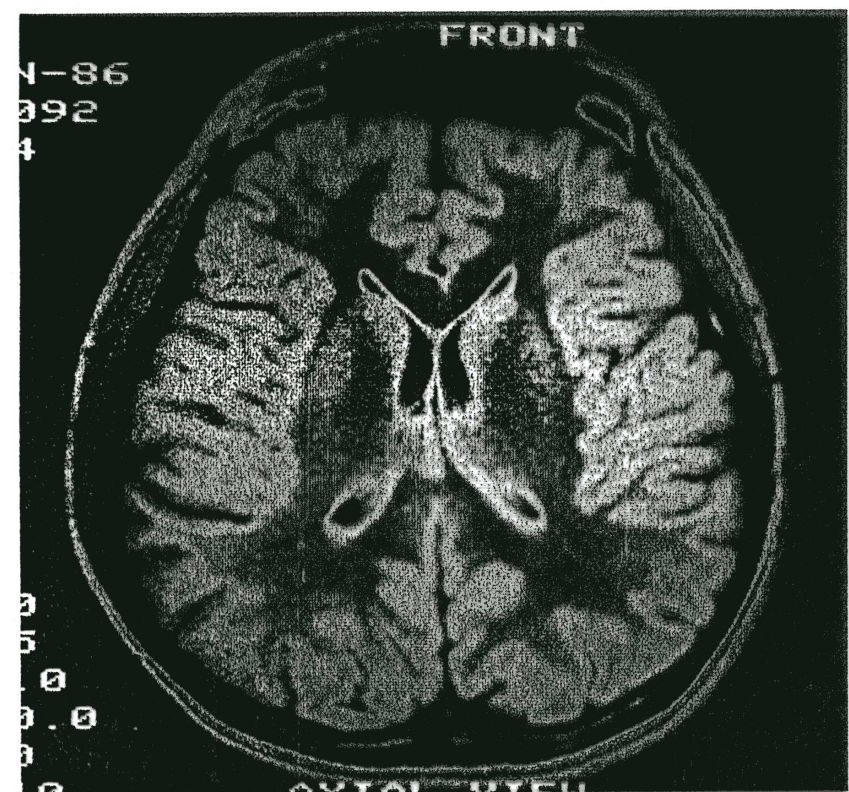
頭部MRI画像

矢状断層像



健常者の脳の矢状断層像

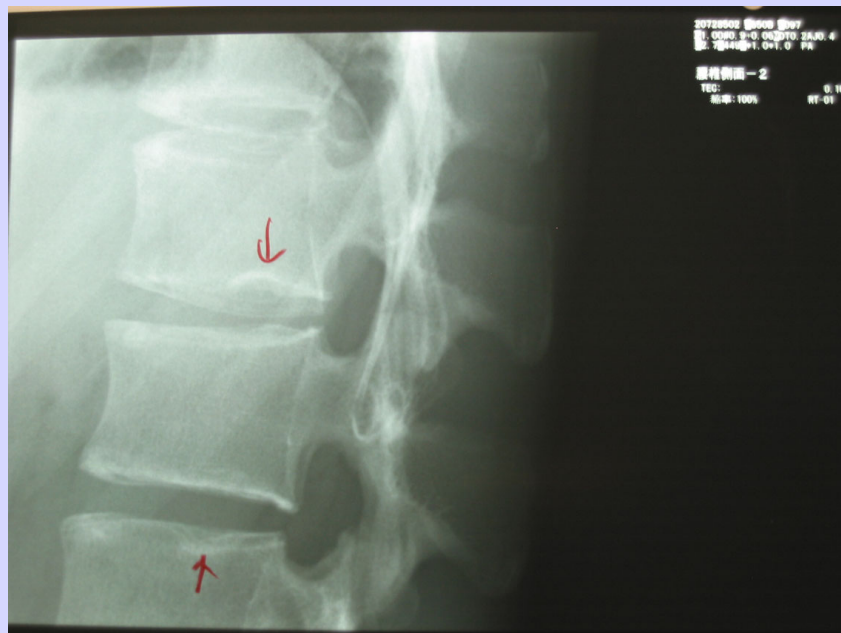
体軸断層像



健常者の脳の体軸断層像

脊椎

X線CT



CTでは軟骨は写らない。

MRI

