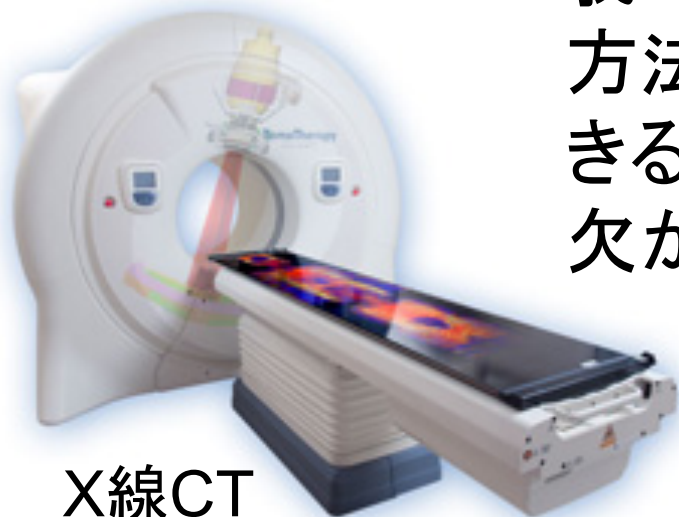
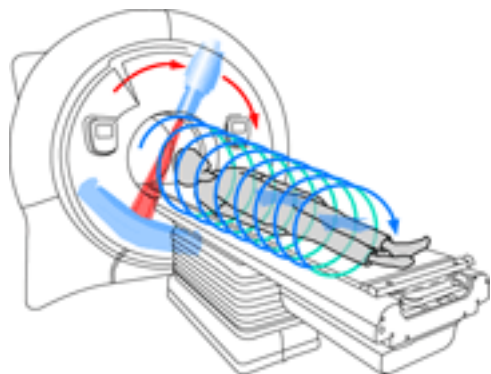


3.断層撮影

我々は CT, MRI, PET など、様々な方法で体の中の構造を知ることができる。それらの技術は医療診断には欠かせなくなってきた。

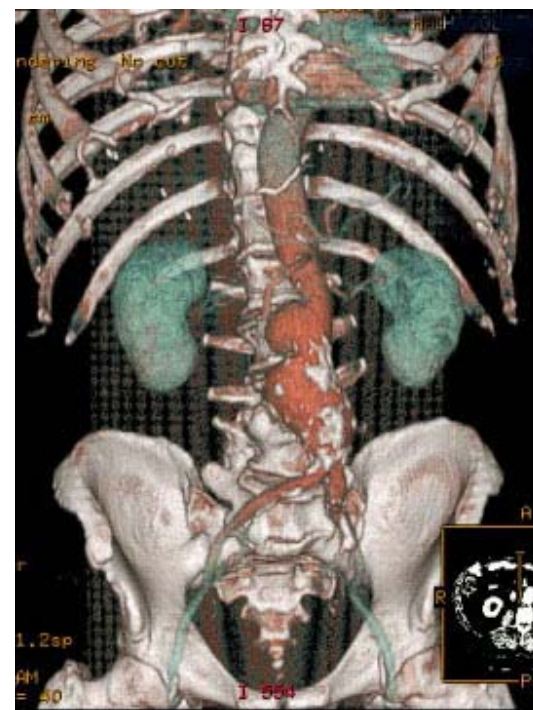


X線CT

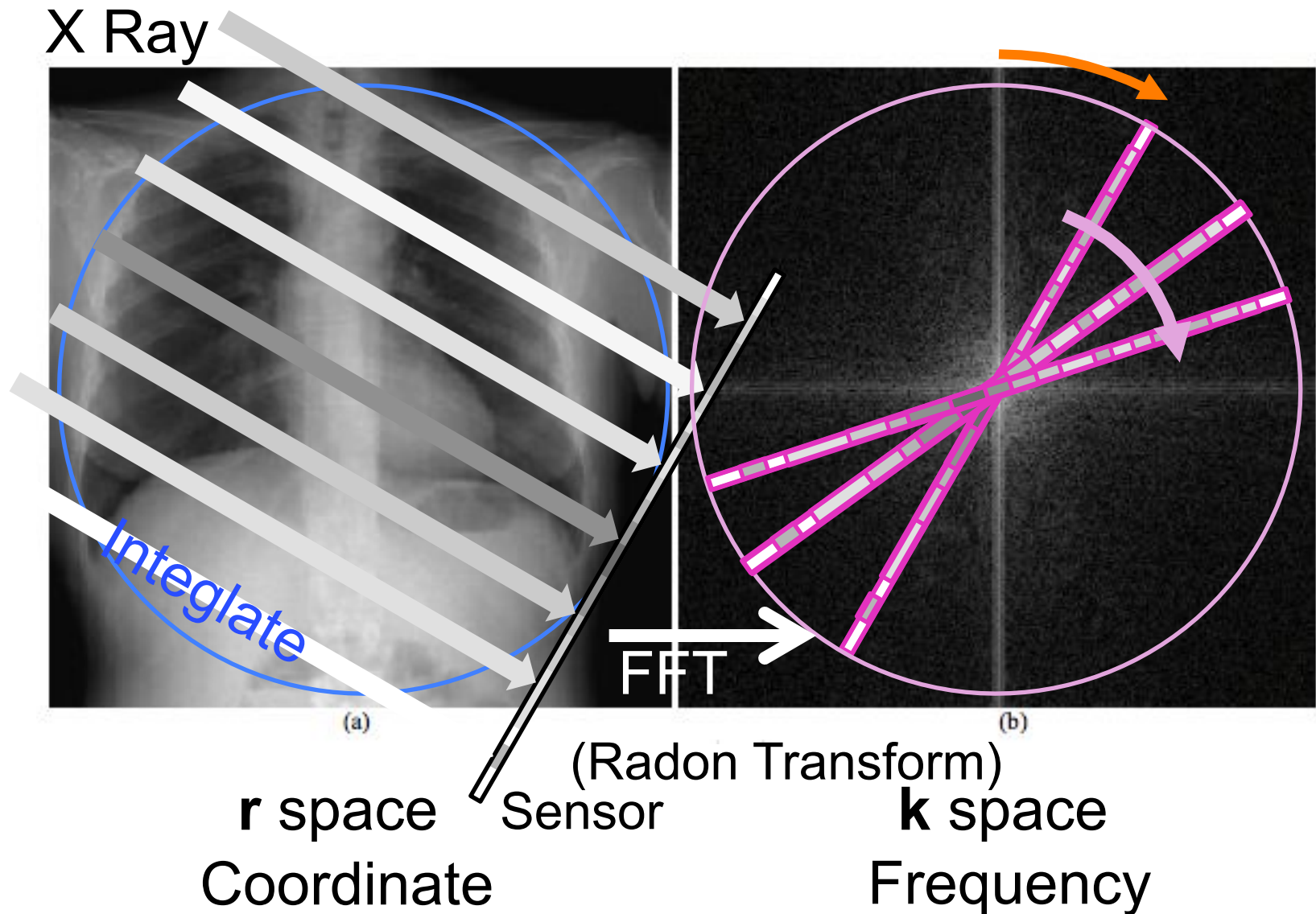


ヘリカルスキャン CT

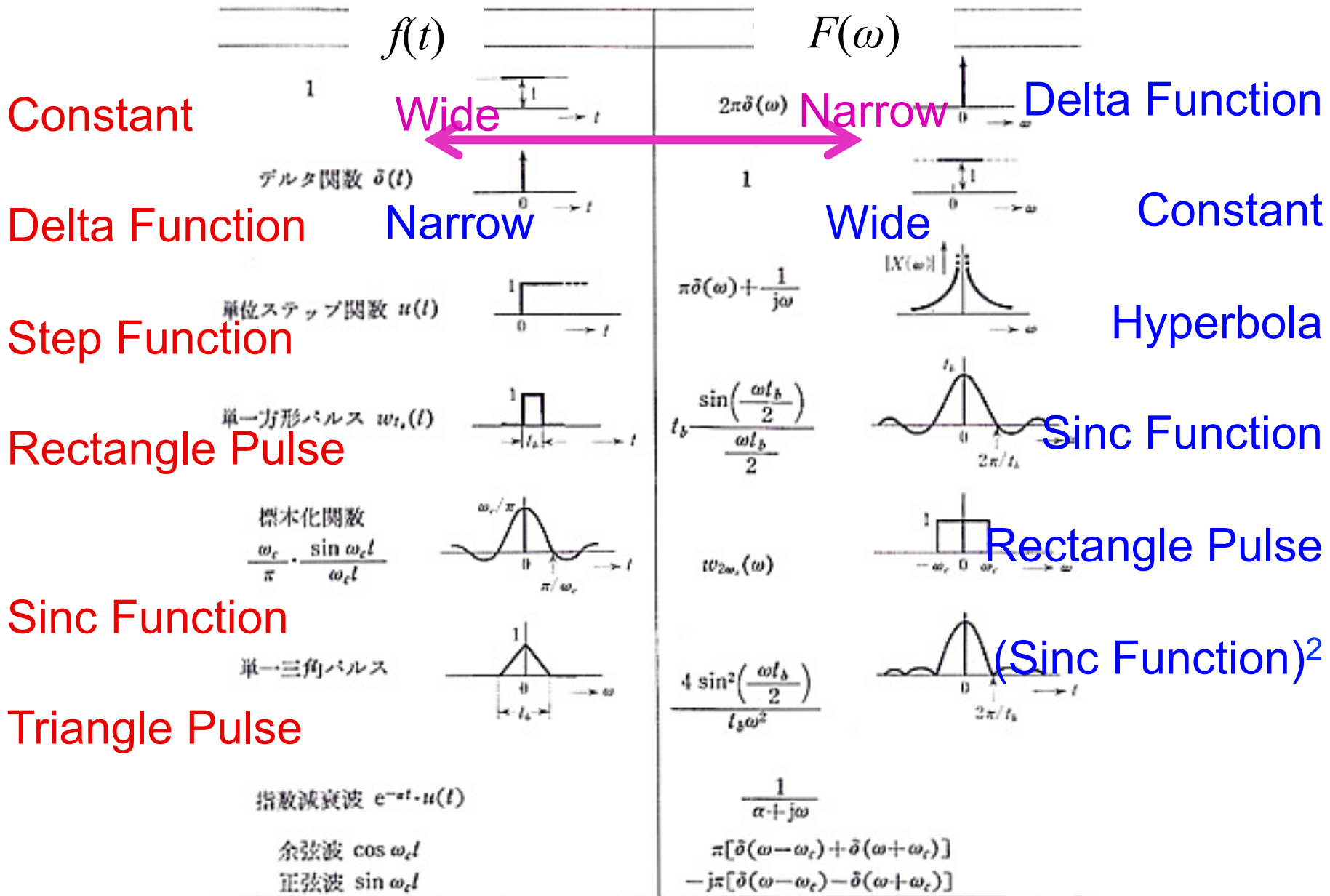
では、どうして体の中が分かるのだろう。それにはフーリエ変換が関わっている。



波数空間での合成

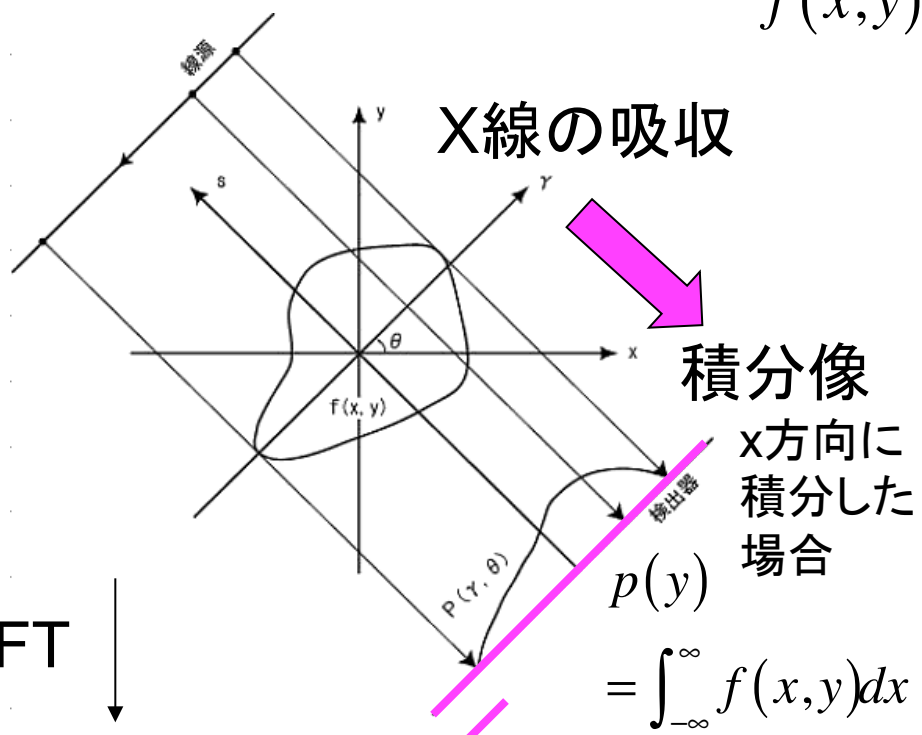


Wide to Narrow, Narrow to Wide



コンピュータ・トモグラフィ

$$f(x, y)$$



FFT

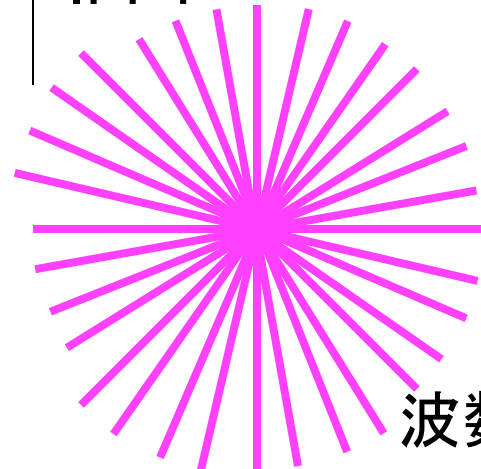
$$P(k_y) = \int_{-\infty}^{\infty} p(y) e^{jy k_y} dy$$

(ラドン変換)

方向を変えて
加算

$$F(k_x, k_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{j(xk_x + yk_y)} dx dy$$

IFFT



波数k空間

ヘリカルスキャンCT

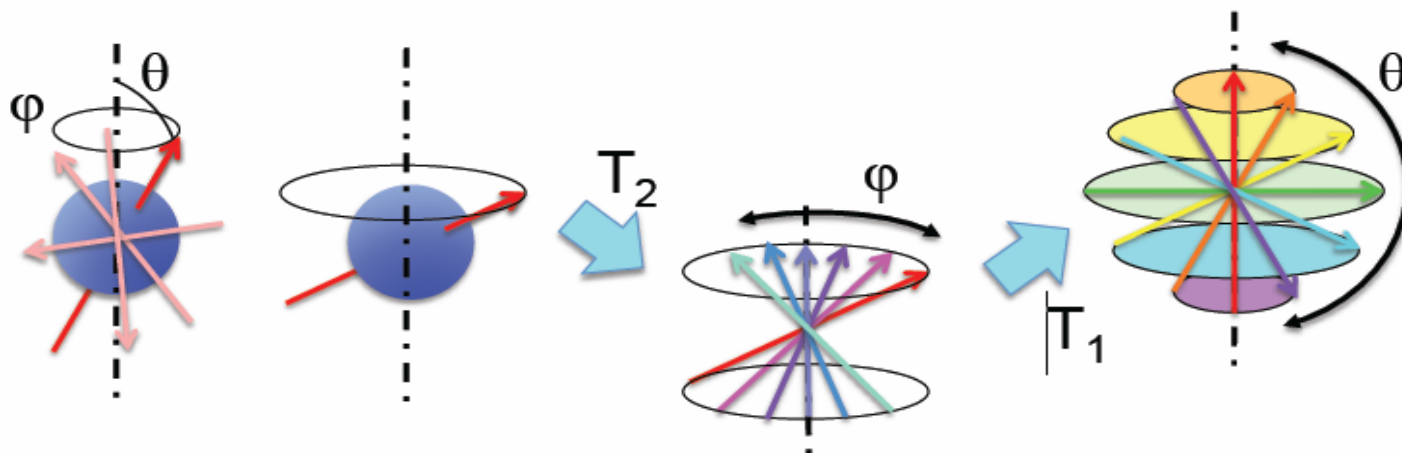
X線吸収データを螺旋状にスキャンしながら取得するのがヘリカルスキャンCTである。この方法では、各面のデータを直線補完しながら画像を再構成する。1面内の情報量は減るものの、軸方向の相関があれば体積内のデータ量は多くなるので、十分な分解能の立体像が再構成できる。

NMR

粒子が角運動量を持つと、それは回転運動をしているのと等価であり、粒子に電荷が存在すれば、渦電流が流れているのと等しい。渦電流は磁場を発生するので、巨視的には磁石のように見える。このため、電子や陽子、原子核などの荷電粒子が0でない(実際には1/2の整数倍の)スピン角運動量を持つ場合、小さな磁石となる。

回転する磁石は、磁場中では磁気ポテンシャルを持ち、 $E=h\omega$ で決まる周波数 ω の電磁波を放出・吸収して、磁場に平行、反平行の状態間を遷移する。 E はエネルギー準位の差である。原子核の場合、この共鳴現象を核磁気共鳴NMRと呼ぶ。

スピンの縦緩和と横緩和

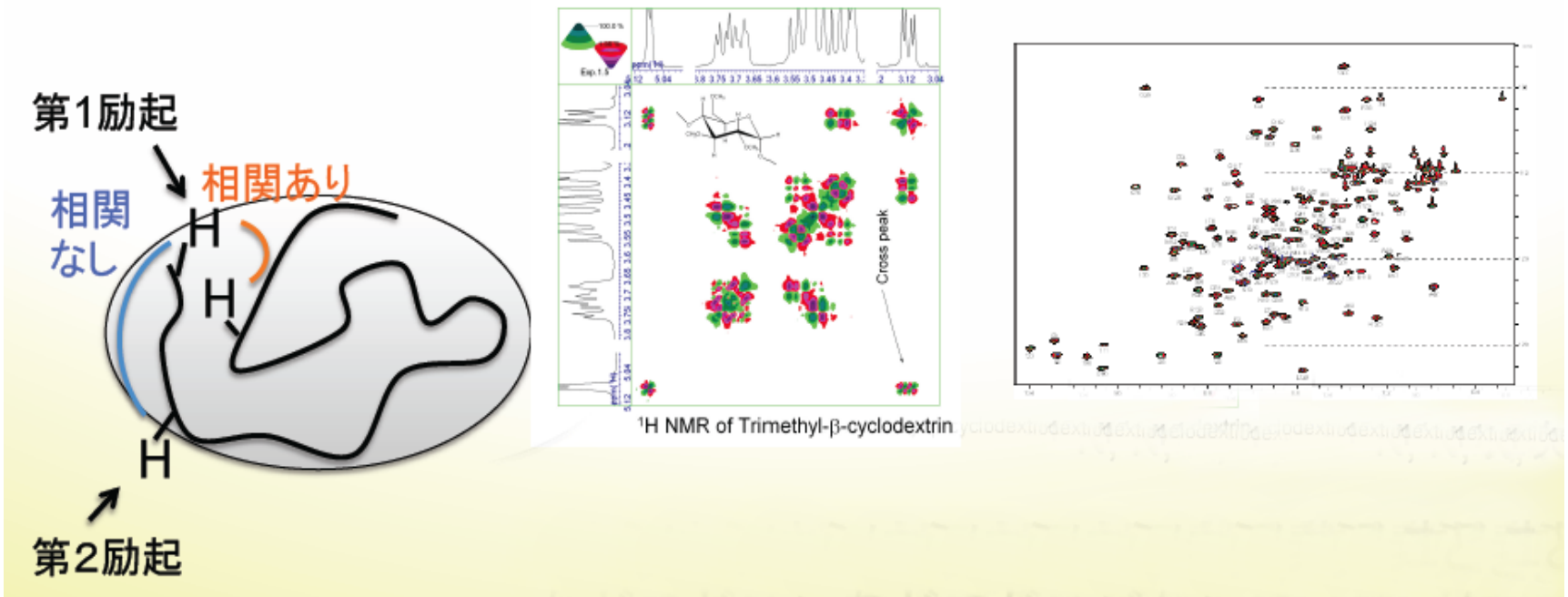


回転運動には二つの角度 θ と ϕ の自由度がある。磁場中のスピンに電磁波を当てて向きをそろえると、歳差運動しながら、それぞれの角度方向へ拡散する。その時、それぞれの拡散緩和時間 T_1 と T_2 を持っている。

実際に観測されるのは、原子集団からの平均信号で、そのなかにはいろいろな状態の原子が含まれる。状態の平均値は熱運動で緩和する方向に移行する。

2次元NMR

近接したプロトンでは、スピンスピン相互作用のため、同時に励起されるとスピンの分布が交換し、緩和時間が変化する。2回の励起シーケンスの周波数をスキャンすることで、どの水素同士が近接しているかが分かる。



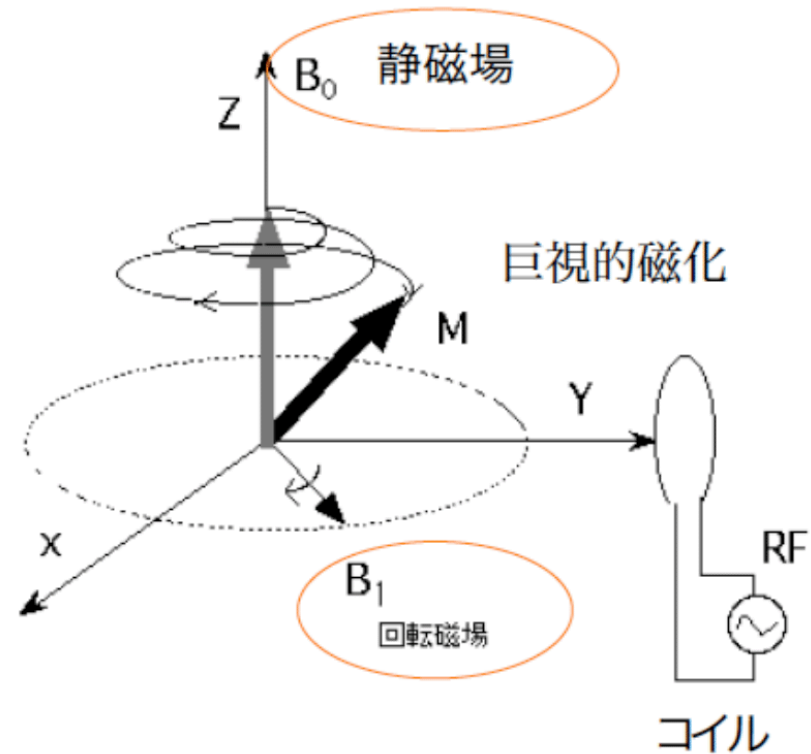
さらに同位元素を導入することで、N,C,Oなどの核種との距離も知ることができる。

MRI (Nuclear Magnetic Resonance Imaging)

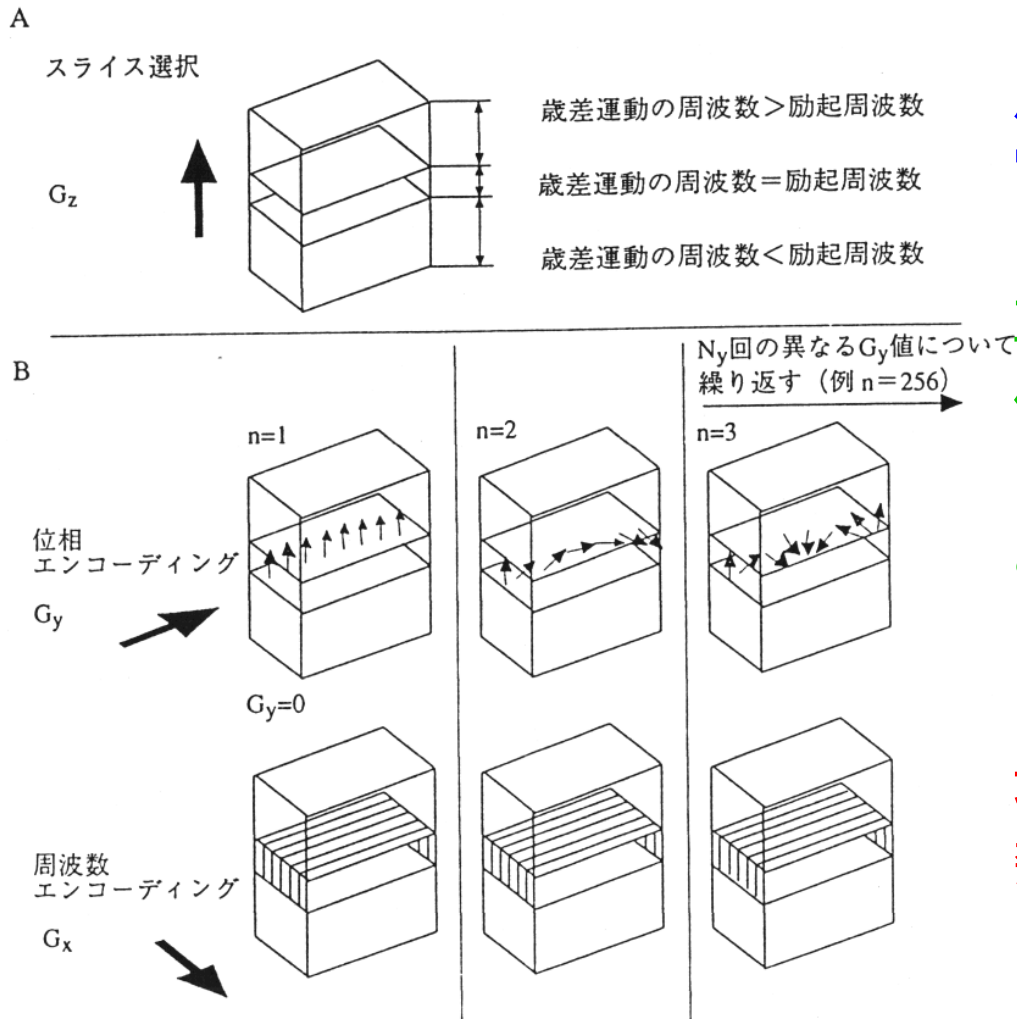
核磁気共鳴を用いて断層像を撮影するのがMRIである。核磁気共鳴はスピン量子数を持った核種のエネルギーレベルが磁場中で分裂することで電磁波のエネルギーを吸収放出する現象である。2次元の位置情報は共鳴周波数の違いと共鳴回転の位相の違いから決定される。

NMRシグナル

X線CTと異なり、核磁気共鳴を用いて断層像を撮影するのがMRIである。核磁気共鳴はスピン量子数を持った核種のエネルギーレベルが磁場中で分裂することで電磁波のエネルギーを吸収放出する現象である。2次元の位置情報は磁場の強度と周波数、スピンの位相の違いで与えられる。



3次元情報の取得

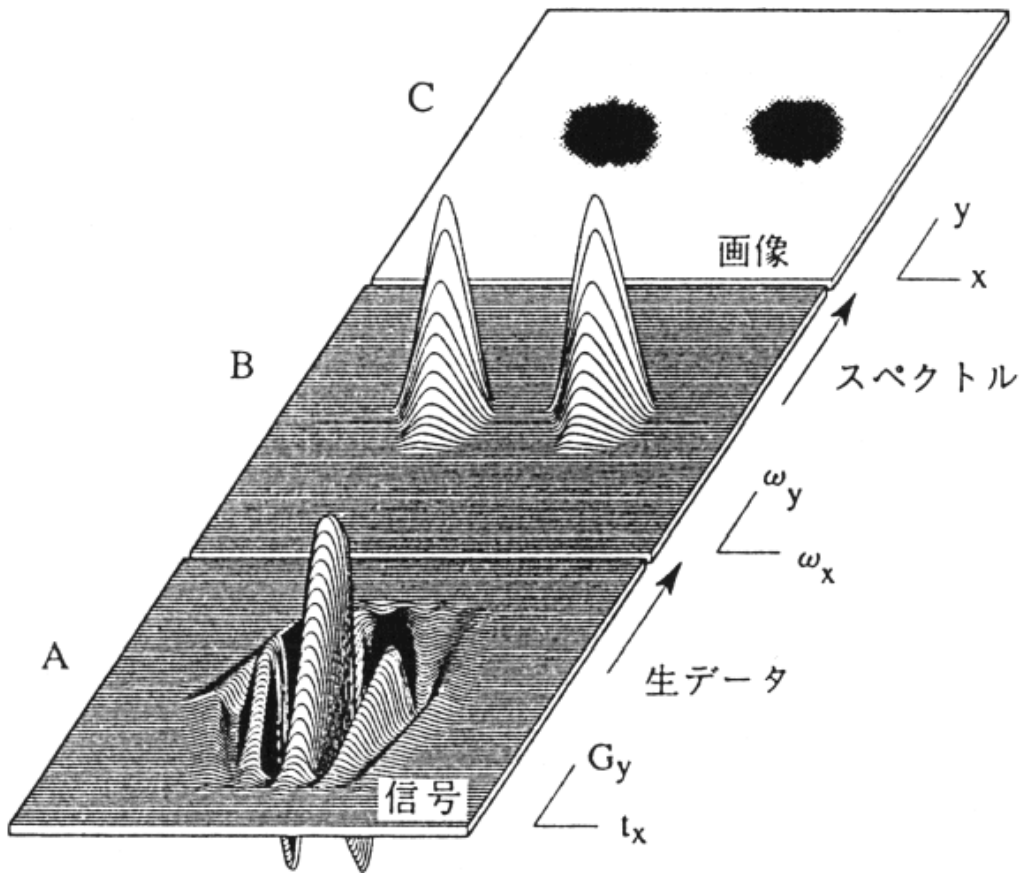


z方向の傾斜磁場中、励起周波数でスライスを選択して電子を励起した後、

y方向の傾斜磁場で位相回転の波を作る。傾斜を整数倍にすることで、回転周期を1倍、2倍、3倍と増やしていくと、y軸方向の波数情報が得られる。

各放出時にx方向の傾斜磁場をかけることで、測定周波数による変調が得られる。

情報の再構成



3次元での位置情報を与えるためには、本来3つのパラメータが必要になる。z軸情報は傾斜を持った強い静磁場で与える。磁場の強度に対して決まる共振周波数の電磁波で、**1面内のプロトンのみを選択的に励起**する。

次にy方向に傾斜磁場パルスを印可すると、磁場の強度に比例してスピンの**歳差運動の位相**が変わる。この位相変化でy軸情報が得られる。

最後にx方向に傾斜した磁場を印可しながらシグナルを取り出すことで、**周波数でx軸情報**が得られる。

得られた情報はx,y方向に位相と周波数で積分されたものなので、2次元フーリエ変換を行うことで位置情報が得られる。

光CT

基本的にはX線CTと同じ原理であるが、主に赤外光吸収を利用した断層撮影法。生体の組織は赤外部には大きな吸収がないため、比較的深い組織まで透過することができる。これにより、ネズミ程度の大きさのものでは断層の撮影が可能になっている。しかし、より大きな組織では散乱が大きいため、現在も研究中である。この測定は放射線被曝の危険性がないため有望は測定技術である。血液中のヘモグロビンの吸収を測定すれば、組織中の酸素濃度を知ることができ、活動状態の指標となる。