

核スピンの医学への応用

Magnetic Resonance Imaging について

シーメンス・ジャパン株式会社
植松秀章

Introduction / Contents

■ 自己紹介	1
■ Siemens	8
■ MRIについて	15
■ 臨床への応用	20
■ これからのMRI	25

自己紹介

2009年山形大学卒業後 シーメンス入社

仕事:

東京・千葉を中心にMRIの設置、点検、修理をカスタマーサービスエンジニアとして
24時間365日精力的に活動中



自己紹介

趣味:

スキー、温泉、ドライブ、車いじり



Introduction / Contents

▪ 自己紹介	1
▪ Siemens	8
▪ MRIについて	15
▪ 臨床への応用	20
▪ これからのMRI	25

Siemensとは

シーメンス(本社:ドイツ・ベルリンおよびミュンヘン)は、
電気・エレクトロニクスにおけるグローバル企業、

- インダストリー
 - 製造、交通(ドレミファ インバーター)、ビル、照明システム
- エナジー
 - 高効率な発電、送電、そして配電
- ヘルスケア
 - 診断装置や治療装置といった機器の開発

3つのセクターで事業を行っています。

ヘルスケア事業で扱う製品

A) 画像診断装置

- a. 血管撮影装置
- b. X線CT撮影装置
- c. 磁気共鳴撮影装置
- d. 乳房X線撮影装置
- e. 分子イメージング装置
- f. 一般X線撮影装置
- g. 超音波診断装置

B) 治療装置

- a. 放射線治療装置
- b. 結石破碎装置

C) 補聴器



ヘルスケア事業で扱う製品

A) 画像診断装置

- a. 血管撮影装置
- b. X線CT撮影装置
- c. 磁気共鳴撮影装置
- d. 乳房X線撮影装置
- e. 分子イメージング装置
- f. 一般X線撮影装置
- g. 超音波診断装置

B) 治療装置

- a. 放射線治療装置
- b. 結石破碎装置

C) 補聴器



ヘルスケア事業で扱う製品

A) 画像診断装置

- a. 血管撮影装置
- b. X線CT撮影装置
- c. 磁気共鳴撮影装置
- d. 乳房X線撮影装置
- e. 分子イメージング装置
- f. 一般X線撮影装置
- g. 超音波診断装置

B) 治療装置

- a. 放射線治療装置
- b. 結石破碎装置

C) 補聴器



ヘルスケア事業で扱う製品

A) 画像診断装置

- a. 血管撮影装置
- b. X線CT撮影装置
- c. 磁気共鳴撮影装置
- d. 乳房X線撮影装置
- e. 分子イメージング装置
- f. 一般X線撮影装置
- g. 超音波診断装置

B) 治療装置

- a. 放射線治療装置
- b. 結石破碎装置

C) 補聴器



ヘルスケア事業で扱う製品

A) 画像診断装置

- a. 血管撮影装置
- b. X線CT撮影装置
- c. 磁気共鳴撮影装置
- d. 乳房X線撮影装置
- e. 分子イメージング装置
- f. 一般X線撮影装置
- g. 超音波診断装置

B) 治療装置

- a. 放射線治療装置
- b. 結石破碎装置

C) 補聴器



ヘルスケア事業で扱う製品

A) 画像診断装置

- a. 血管撮影装置
- b. X線CT撮影装置
- c. 磁気共鳴撮影装置
- d. 乳房X線撮影装置
- e. 分子イメージング装置
- f. 一般X線撮影装置
- g. 超音波診断装置

B) 治療装置

- a. 放射線治療装置
- b. 結石破碎装置

C) 補聴器



ヘルスケア事業で扱う製品

A) 画像診断装置

- a. 血管撮影装置
- b. X線CT撮影装置
- c. 磁気共鳴撮影装置
- d. 乳房X線撮影装置
- e. 分子イメージング装置
- f. 一般X線撮影装置
- g. 超音波診断装置

B) 治療装置

- a. 放射線治療装置
- b. 結石破碎装置

C) 補聴器



Introduction / Contents

▪ 自己紹介	1
▪ Siemens	8
▪ MRIについて	15
▪ 臨床への応用	20
▪ これからのMRI	25

MRIについて

- MRIとは
- 撮像原理
- マグネットの種類



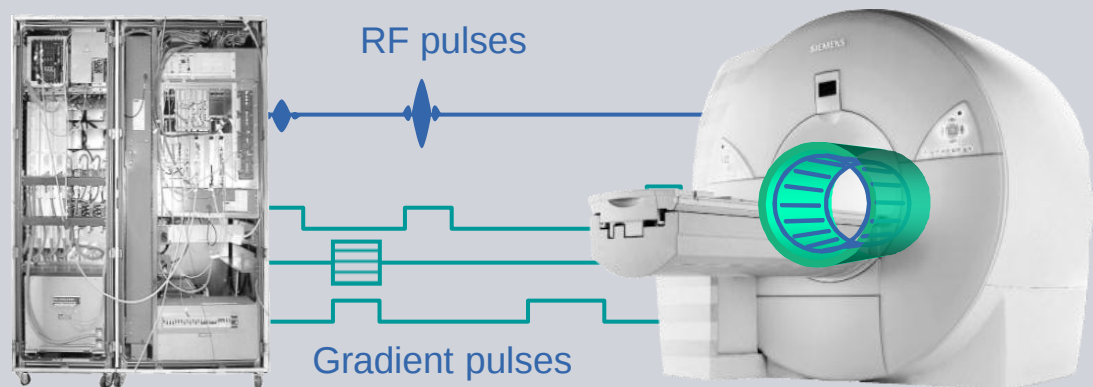
MRIとは

MRI: Magnetic Resonance Imaging

- NMRの核磁気共鳴現象を3次元に対して応用し体内の映像を作る技術
- 重要な式、ラーモア周波数

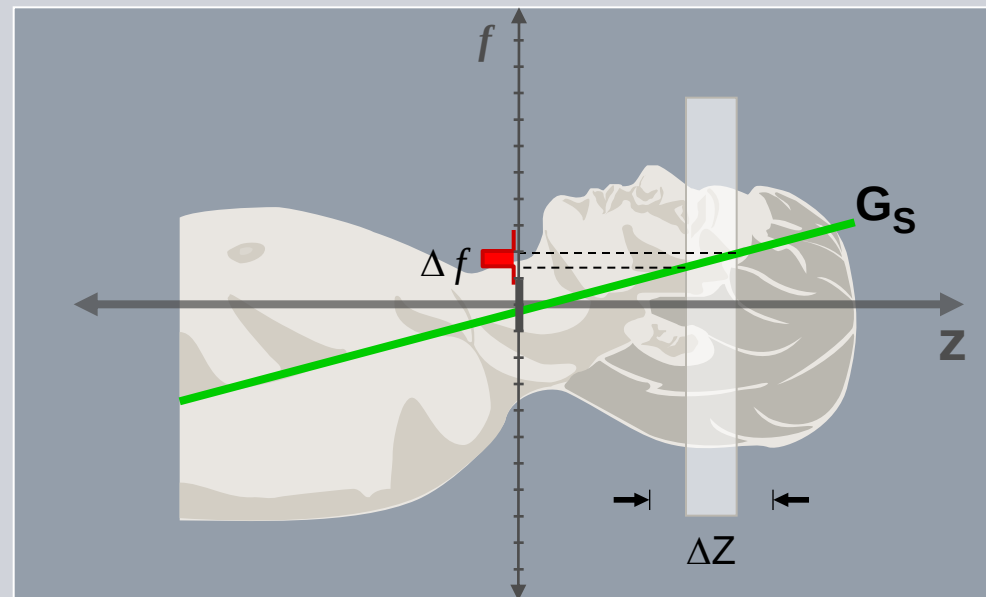
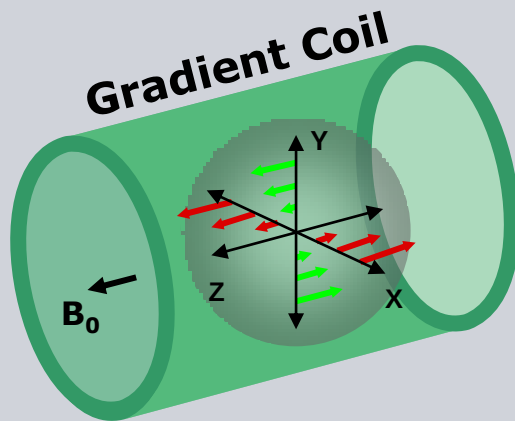
$$f = \gamma / 2\pi \times B_0$$

for the ^1H nucleus: $f = 42,577 \text{ MHz}$ for 1T

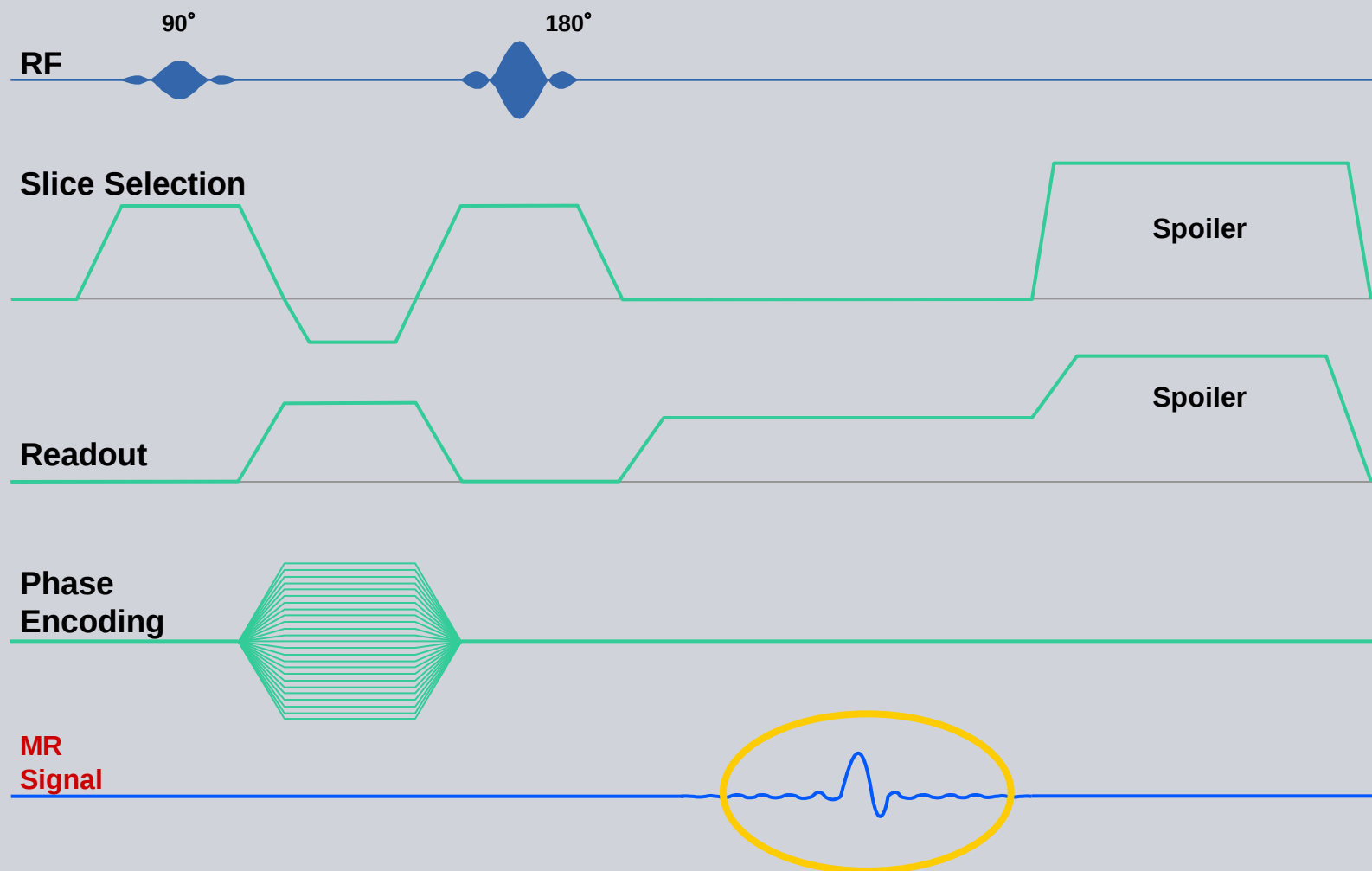


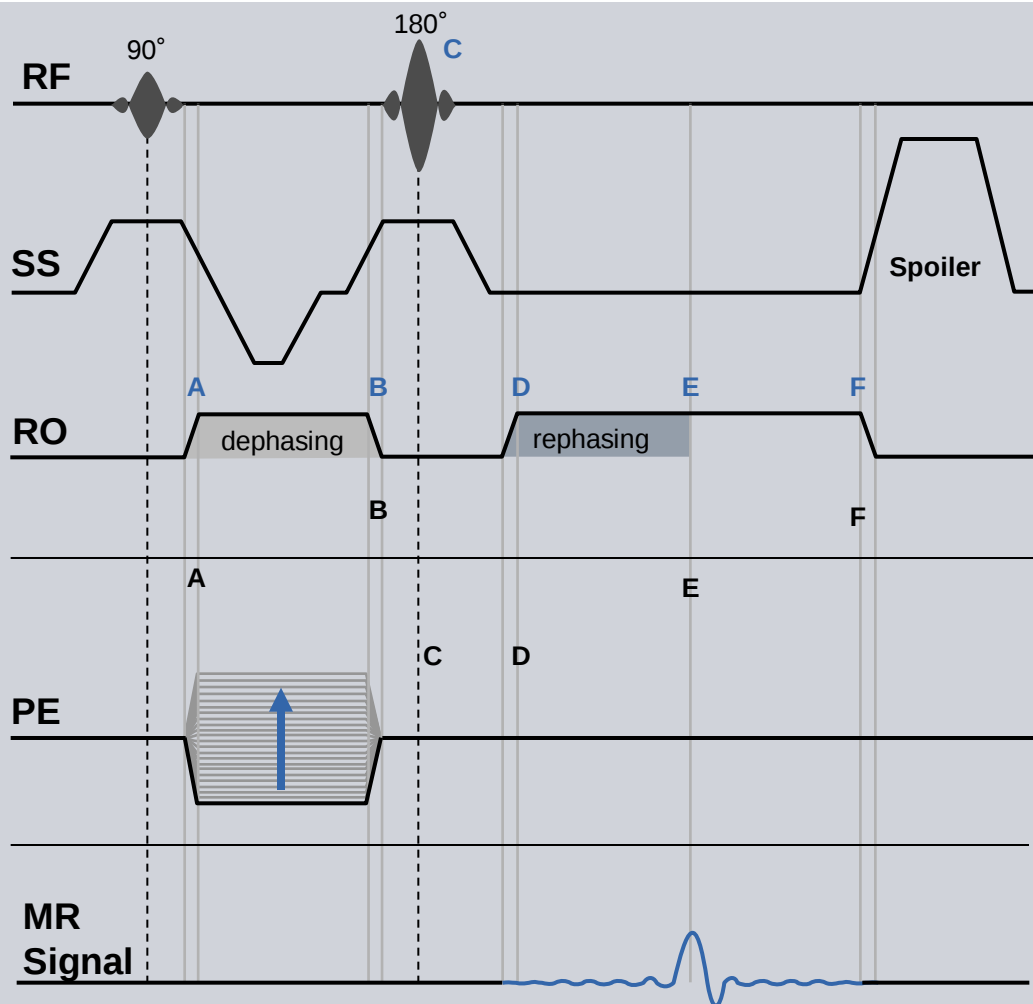
撮像原理

超伝導コイルによって作られた主磁場 B_0 を持つ空間に対してgradient coilという常電導コイルを用いて3軸方向に B_0 とは少しズレた(傾斜した)磁場空間を作りそれぞれの磁束密度に対応するNMR信号を受信することで画像を作る



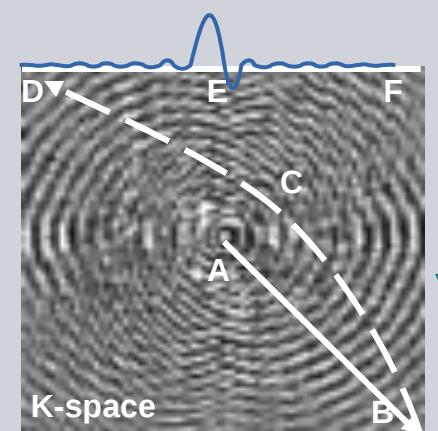
一つのMR信号の取り方





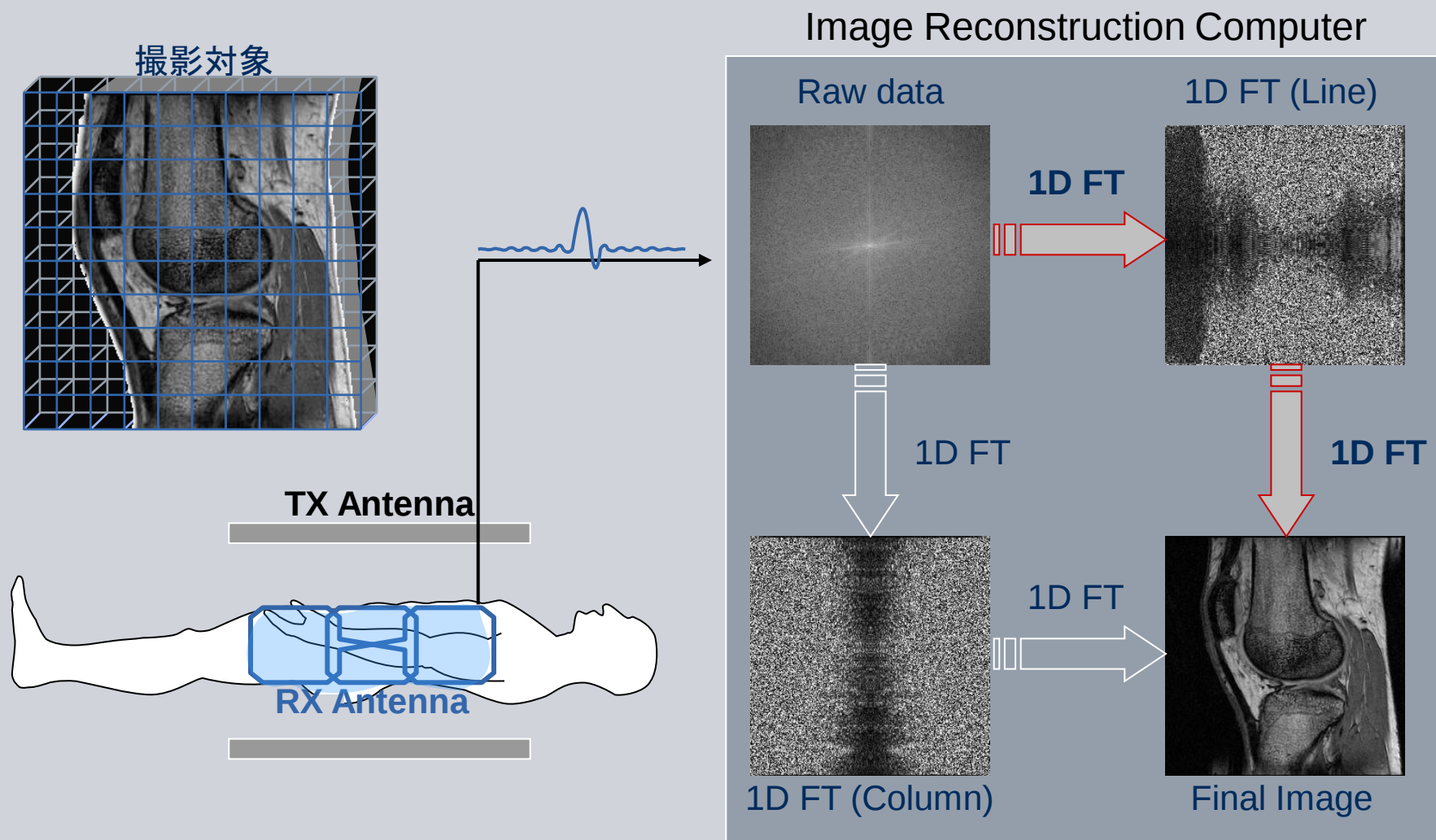
Sequence Parameters

seq. file:	se_15b130
TR	ms
TE	ms
Flip Angle	90° / 180°
MA	256 x 256
FoV	300 mm
Slice TH	5 mm

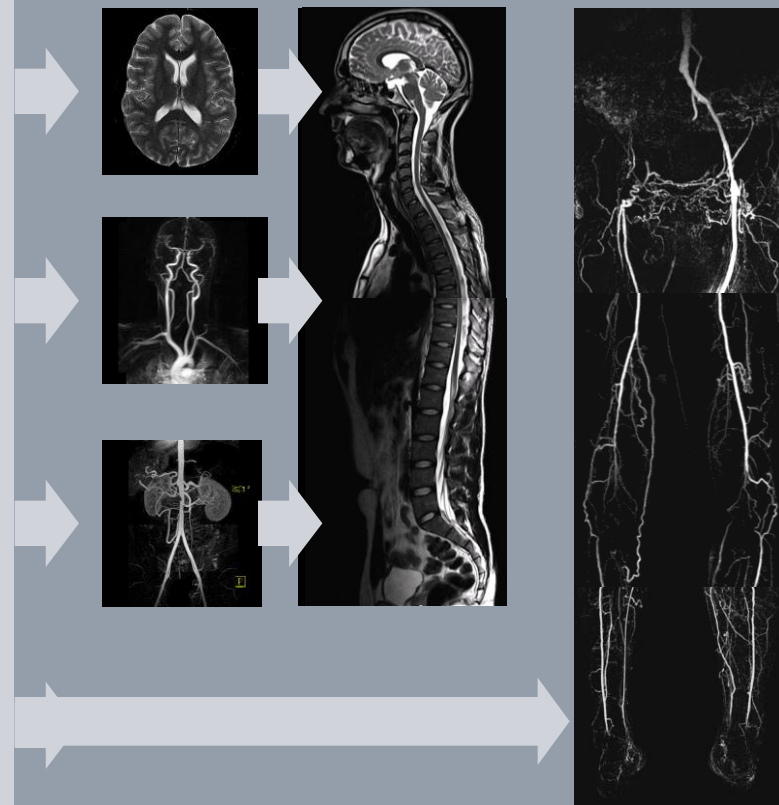


MR信号を集めた情報

MR信号受信、画像化



受信コイルたち



Magnet Types

Permanent

C!



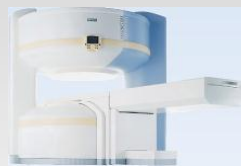
Concerto



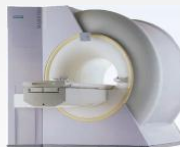
0.2T

0.35T

Super Conductive

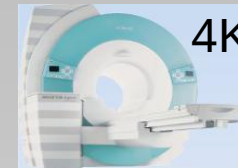


Rhapsody



Harmony

1T



ESSENZA



Avanto

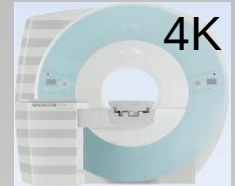


Espree

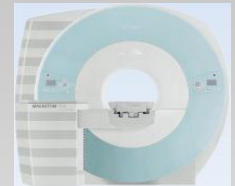


Symphony

1.5T



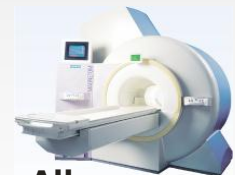
Verio



Trio Tim



Trio



Allegra

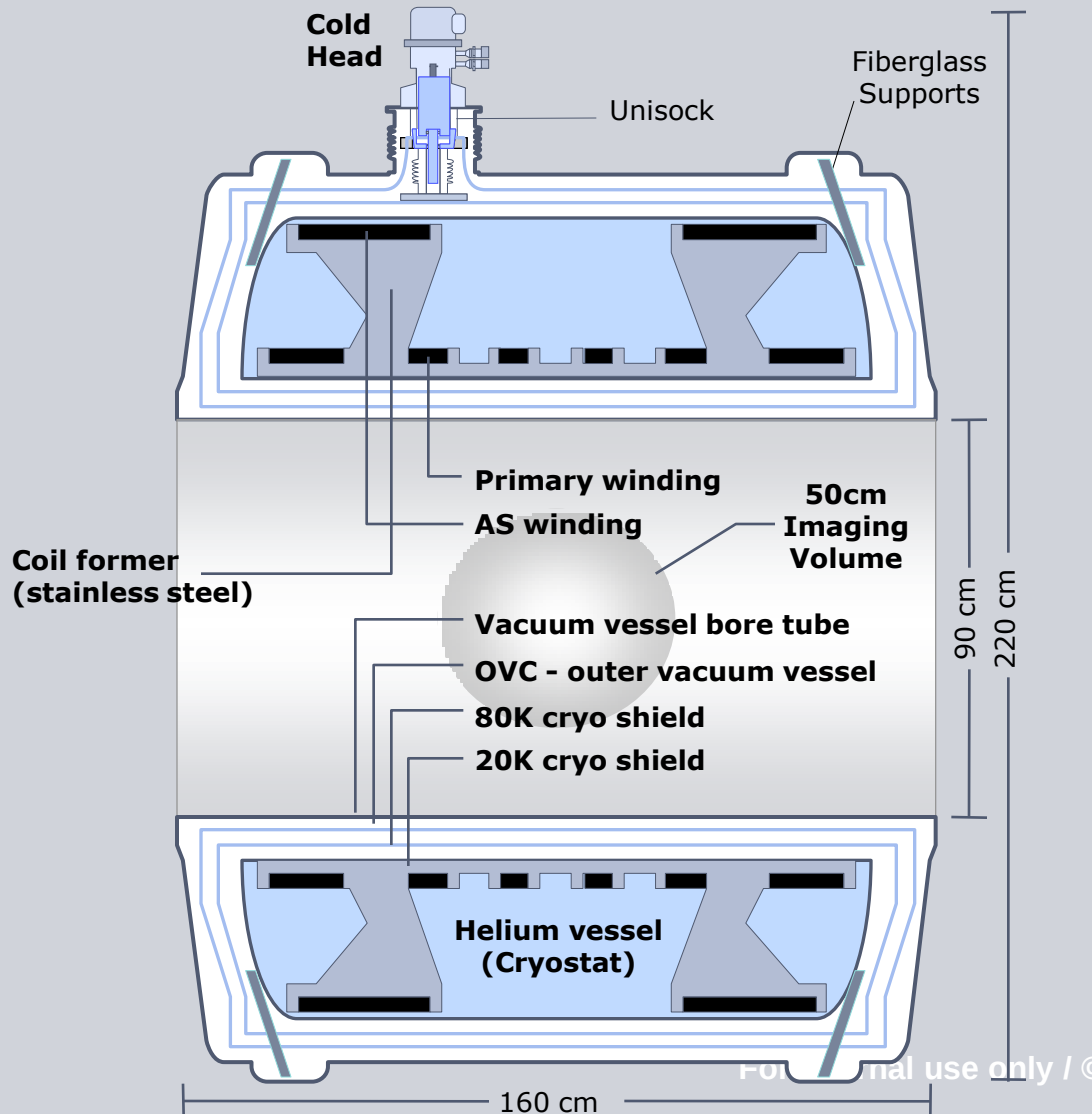
3T

Magnet Construction



This is a naked magnet. Looking, you will see some of the internal magnet parts.

Magnet Construction – 10K Magnets



Some mechanical features:

- 6 main coil windings

- 2 active-shield coils

- 2 cryo shields

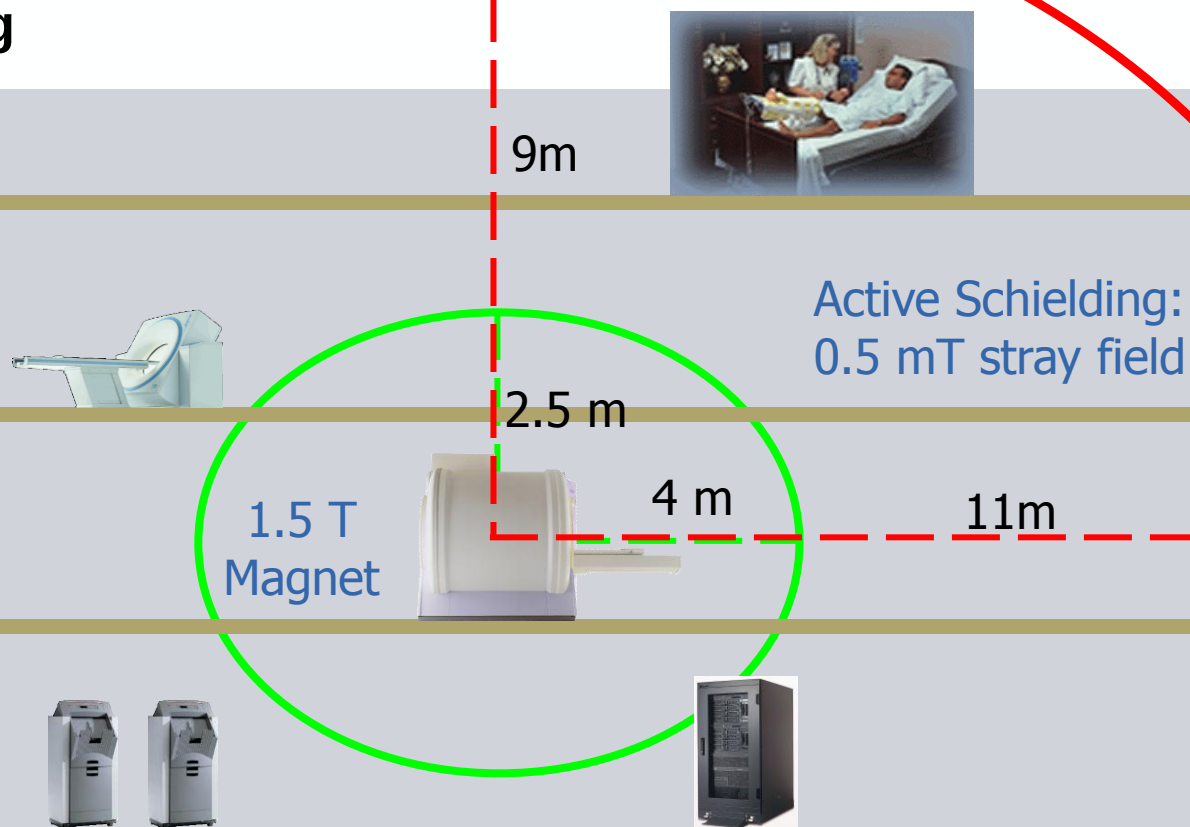
- Magnet suspended via fiberglass supports

- Vacuum chamber (10^{-4} mbar)

- Magnet and shields are wrapped with alu or alu-coated foil

- Refrigerator maintains cryo shields at their respective temps

Active Shielding



Active shielding による漏れ磁場の打ち消し効果

Introduction / Contents

▪ 自己紹介	1
▪ Siemens	8
▪ MRIについて	15
▪ 臨床への応用	20
▪ これからのMRI	25

MRIのメリット、デメリット

- メリット
 - 放射線被爆が無い
 - 非侵襲性である
 - 任意の断面図が取れる
 - 軟部組織のコントラストがいい
 - 骨による影響がない
- デメリット
 - 撮像時間が長い、うるさい
 - 動きに弱い
 - ペースメーカー装着者は撮影できない
 - 水が無いところは信号が出ない



MR画像

CT画像

撮像技法

MR画像の信号強度を決定する組織パラメータ

- (1)縦緩和時間(T1)
- (2)横緩和時間(T2)
- (3)水素密度
- (4)流れの速さ

MR画像の信号強度を変える撮像パラメータ

- (1)繰り返し時間(TR):励起パルスを送る間隔
- (2)エコー時間(TE):励起パルスを送り信号を受信する間隔
- (3)フリップ角(α)
- (4)スライス厚
- (5)画素の大きさ

Typical T2 、 T1 Relaxation Values

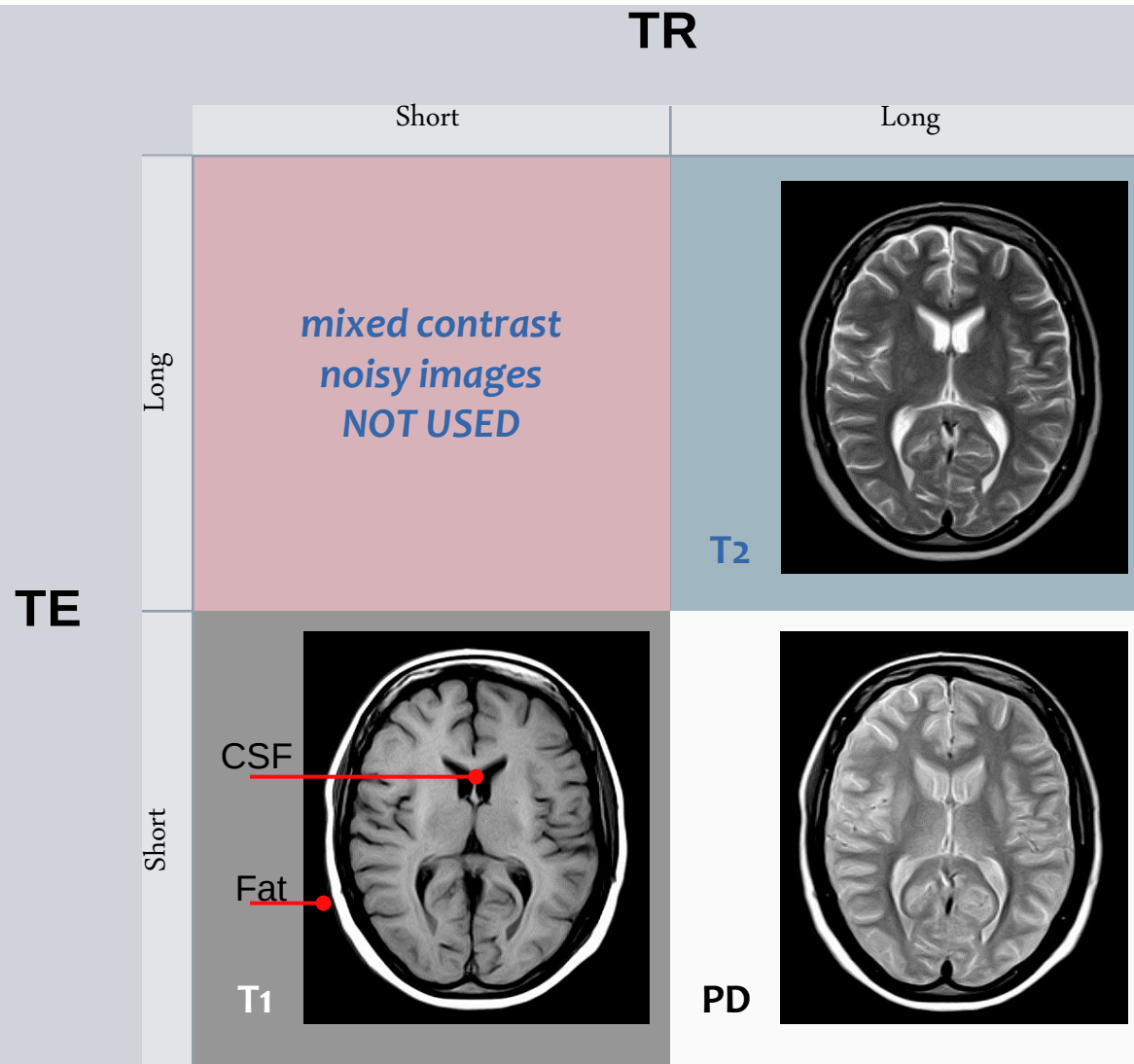
T2 Values for Some Tissue Types

Tissue	T2 [ms]
Liver	43 ± 6
Skeletal Muscle	47 ± 6
Heart Muscle	57 ± 9
Kidneys	58 ± 8
Spleen	62 ± 17
Fat	80 ± 36
White Brain Matter	92 ± 20
Gray Brain Matter	101 ± 13
CSF (estimated)	1400 ± 250

T1 Values for Some Tissue Types

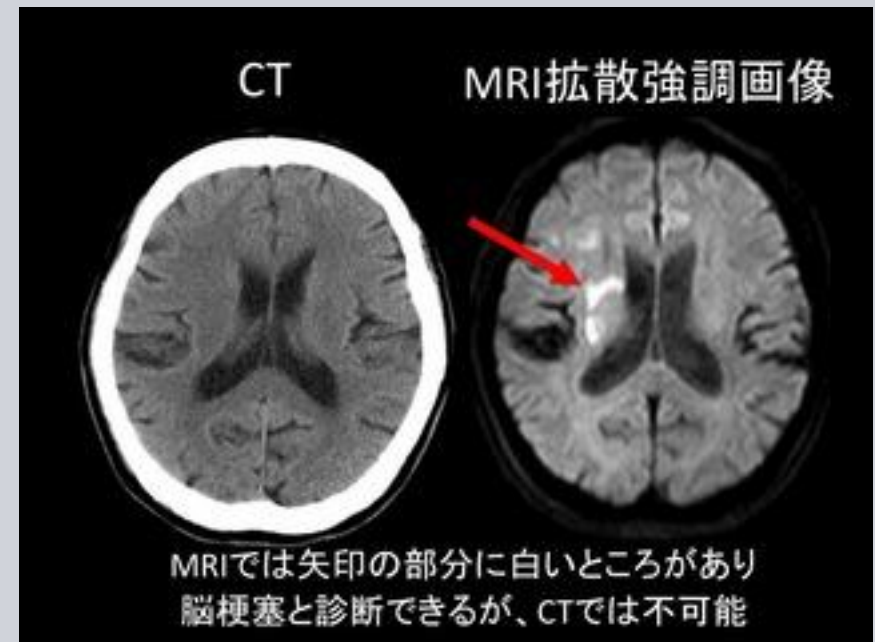
Tissue	T1 [ms] (for 0.2T)	T1 [ms] (for 1T)	T1 [ms] (for 1.5T)
Fat	200 ± 60	250 ± 70	260 ± 70
Liver	228 ± 50	420 ± 92	490 ± 110
Kidneys	393 ± 110	587 ± 160	650 ± 180
Spleen	398 ± 75	680 ± 130	778 ± 150
White Brain Matter	388 ± 66	680 ± 120	783 ± 130
Skeletal Muscle	370 ± 66	730 ± 130	863 ± 160
Heart Muscle	416 ± 66	745 ± 120	862 ± 140
Gray Brain Matter	492 ± 84	809 ± 140	917 ± 160
CSF (estimated)	1500 ± 400	2500 ± 500	3000 ± 600

CSF =脳脊髄液



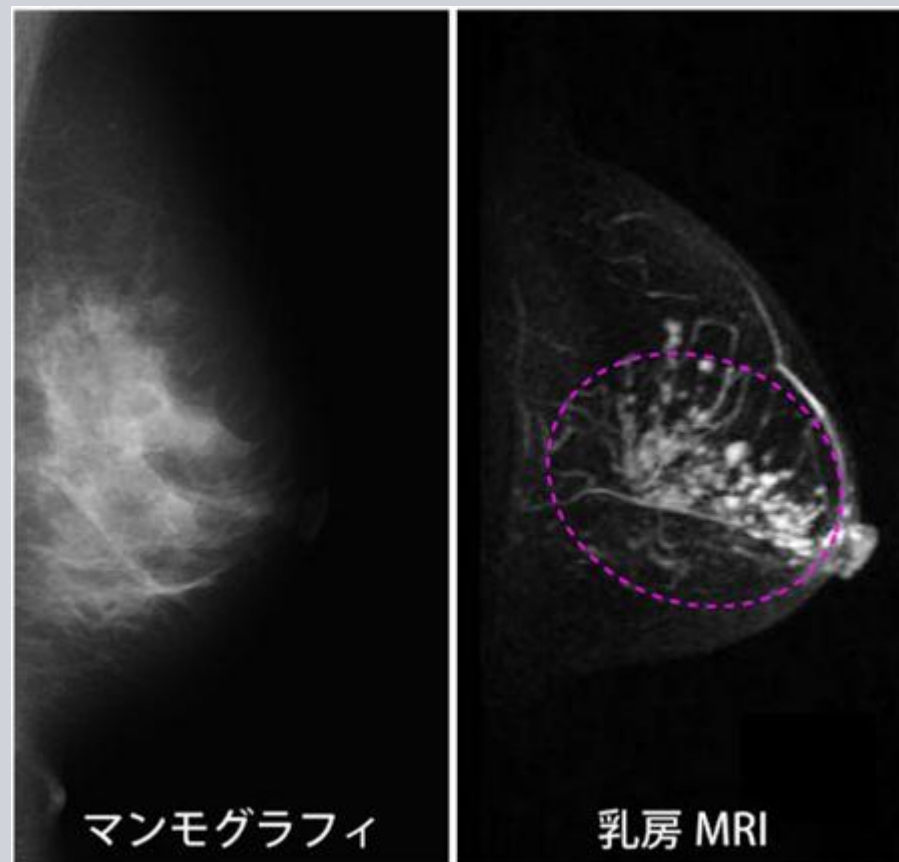
MRIの臨床例

- 頭頸部
 - 脳梗塞、脳出血、脳腫瘍、動脈瘤
- 胸部
 - 肺動静脈奇形、乳がん
- 循環器
 - 心筋梗塞、解離性大動脈瘤、
- 腹部
 - 肝硬変、胆管結石、腎出血、
- 脊椎
 - ヘルニア、脊椎脊髄腫瘍
- 四肢
 - 軟部腫瘍、下肢静脈瘤



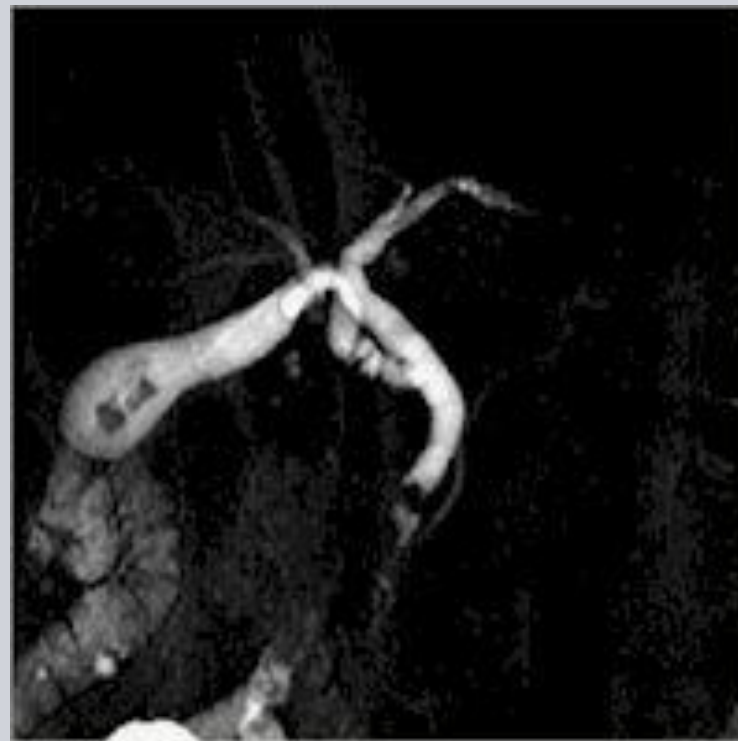
MRIの臨床例

- 頭頸部
 - 脳梗塞、脳出血、脳腫瘍、動脈瘤
- 胸部
 - 肺動静脈奇形、乳がん
- 循環器
 - 心筋梗塞、解離性大動脈瘤、
- 腹部
 - 肝硬変、胆管結石、腎出血、
- 脊椎
 - ヘルニア、脊椎脊髄腫瘍
- 四肢
 - 軟部腫瘍、下肢静脈瘤



MRIの臨床例

- 頭頸部
 - 脳梗塞、脳出血、脳腫瘍、動脈瘤
- 胸部
 - 肺動静脈奇形、乳がん
- 循環器
 - 心筋梗塞、解離性大動脈瘤、
- 腹部
 - 肝硬変、胆管結石、腎出血、
- 脊椎
 - ヘルニア、脊椎脊髄腫瘍
- 四肢
 - 軟部腫瘍、下肢静脈瘤



MRIの臨床例

- 頭頸部
 - 脳梗塞、脳出血、脳腫瘍、動脈瘤
- 胸部
 - 肺動静脈奇形、乳がん
- 循環器
 - 心筋梗塞、解離性大動脈瘤、
- 腹部
 - 肝硬変、胆管結石、腎出血、
- 脊椎
 - ヘルニア、脊椎脊髄腫瘍
- 四肢
 - 軟部腫瘍、下肢静脈瘤



MRIの臨床例

- 頭頸部
 - 脳梗塞、脳出血、脳腫瘍、動脈瘤
- 胸部
 - 肺動静脈奇形、乳がん
- 循環器
 - 心筋梗塞、解離性大動脈瘤、
- 腹部
 - 肝硬変、胆管結石、腎出血、
- 脊椎
 - ヘルニア、脊椎脊髄腫瘍
- 四肢
 - 軟部腫瘍、下肢静脈瘤



Introduction / Contents

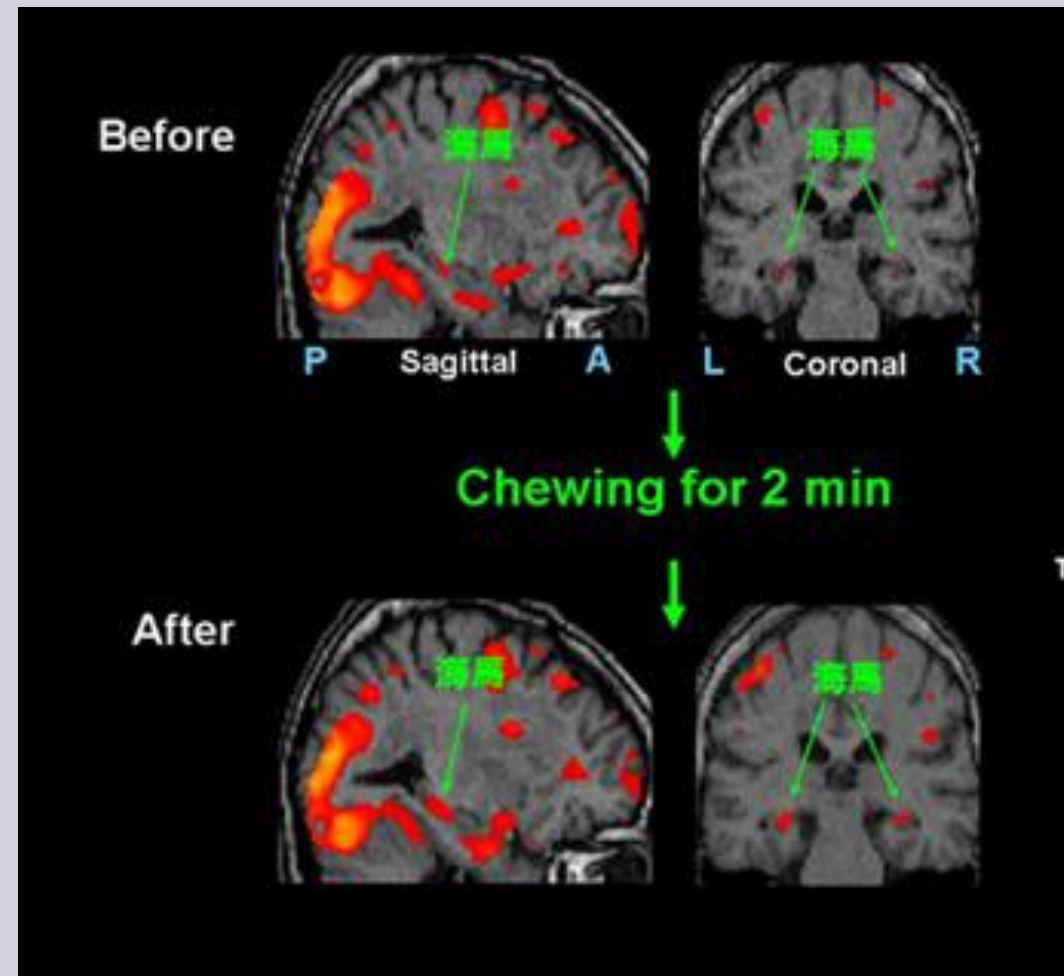
▪ 自己紹介	1
▪ Siemens	8
▪ MRIについて	15
▪ 臨床への応用	20
▪ これからのMRI	25

MRIの研究への応用

fMRI: functional MRI

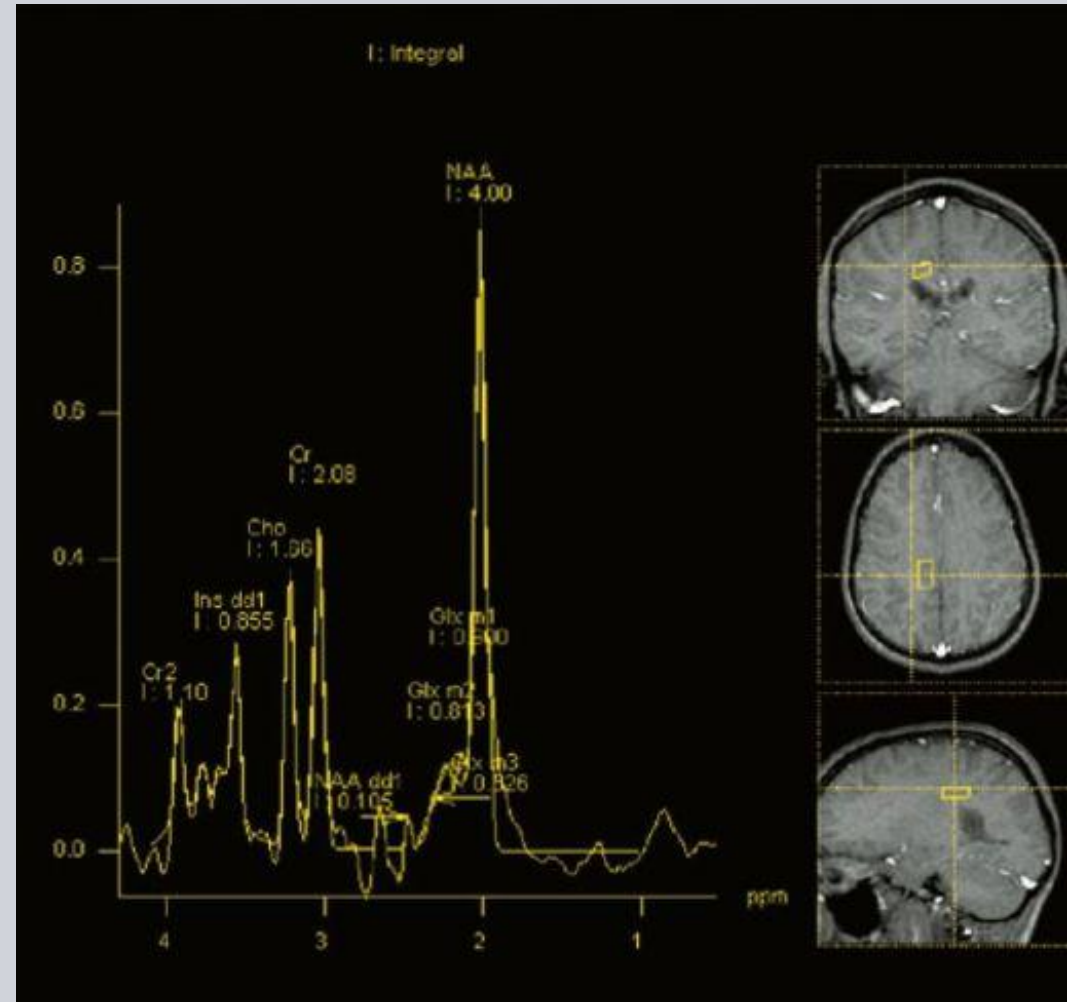
脳血流量、脳酸素代謝率の変化が
周りのMR信号と異なりそれを抽出し
画像化

⇒外部刺激と脳の活動部位の測定



MRIの研究への応用

MRS: MR spectroscopy
ケミカルシフトを利用し生体内の
たんぱく質の種類や成分を分析可能



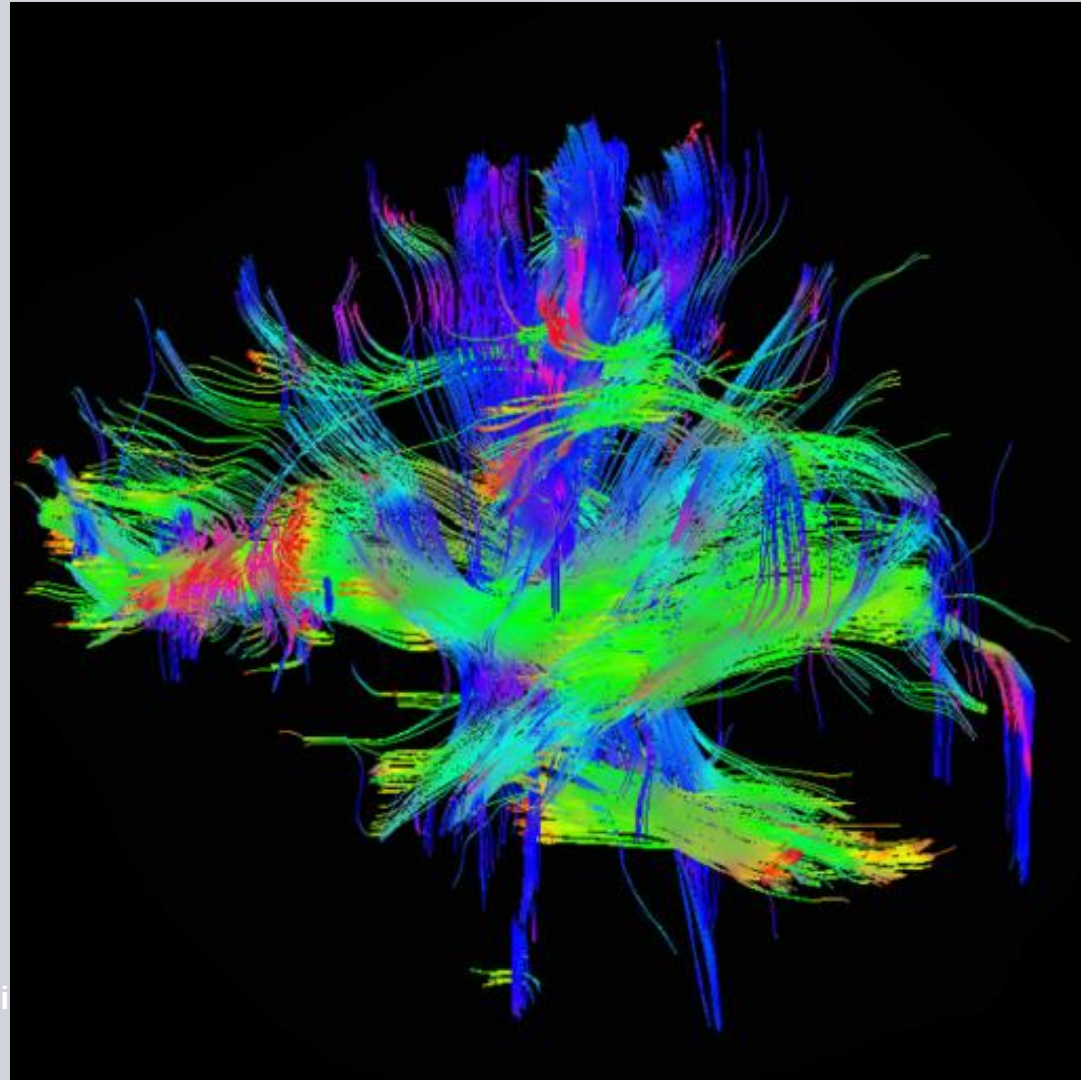
MRIの研究への応用

DTI: diffusion Tensor Imaging

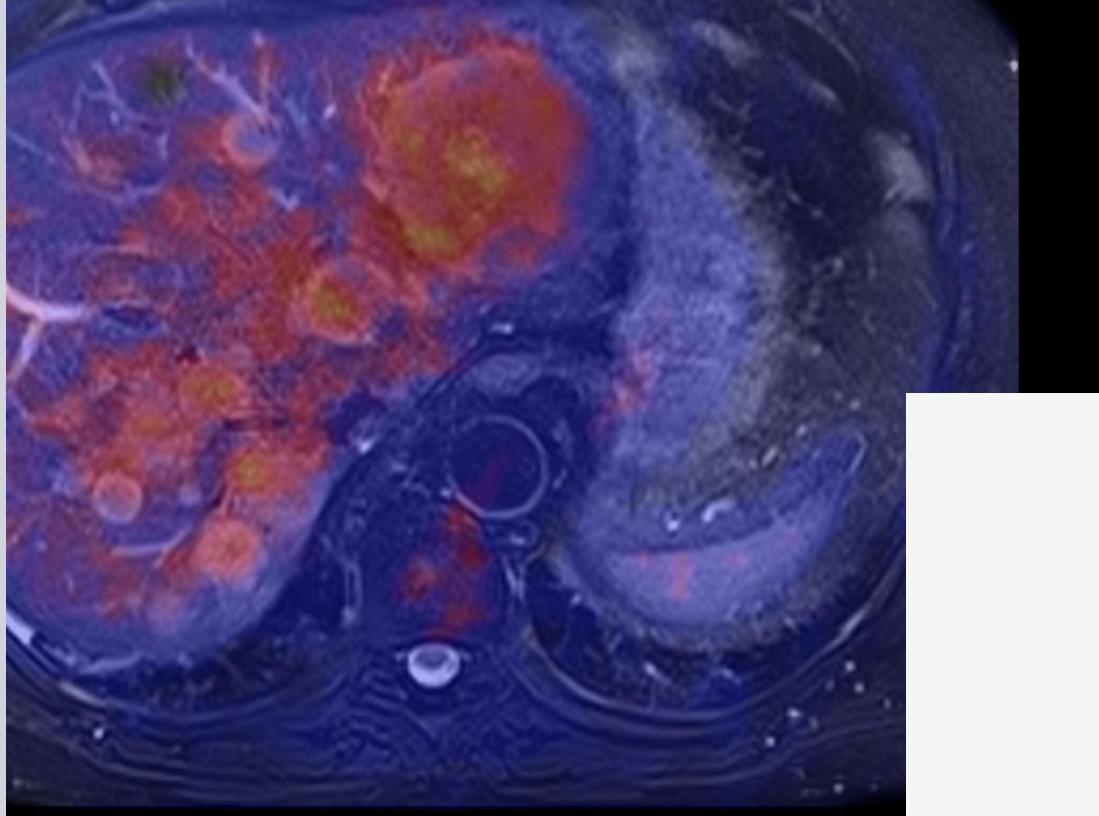
神経線維に沿う方向は水の拡散が
制限されるためこれを強調し

神経の走行を画像化

⇒ 神経走行の研究



PET - MR



MRIの組織コントラストの良さと
PETの癌に対する応答性の
融合



For interna

おまけ

変わった受信コイルたち



変わった受信コイルたち



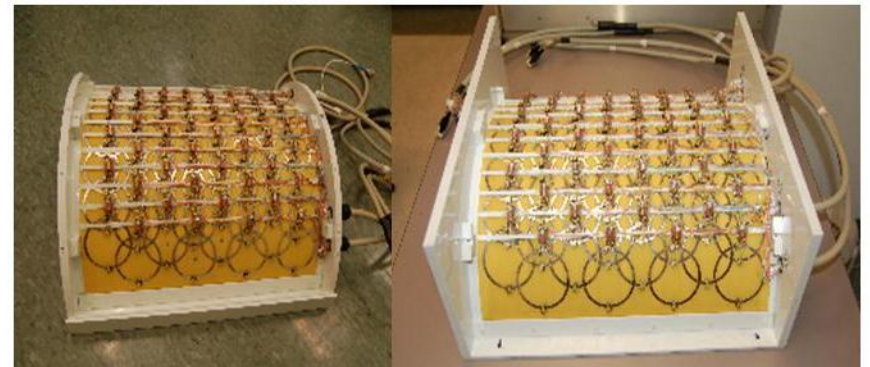
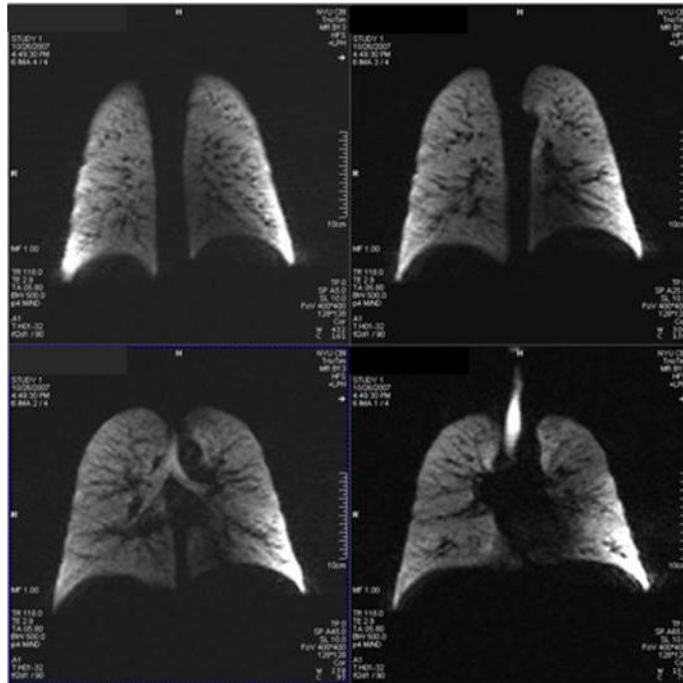
変わった受信コイルたち



変わった受信コイルたち

^3He 用コイル まだ研究開発中

変わった受信コイルたち



マグネット≡爆弾



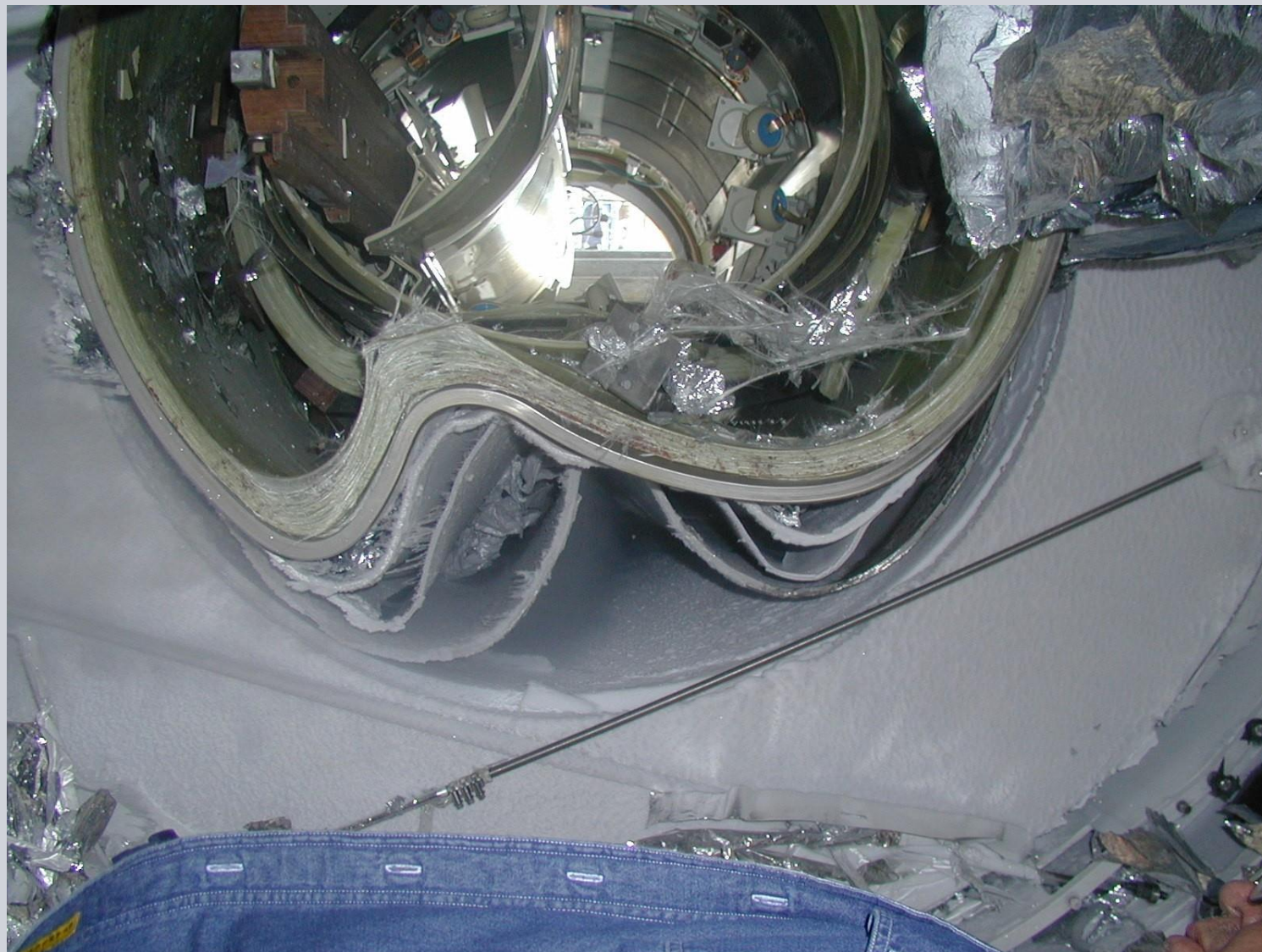
マグネット≡爆弾



マグネット≡爆弾

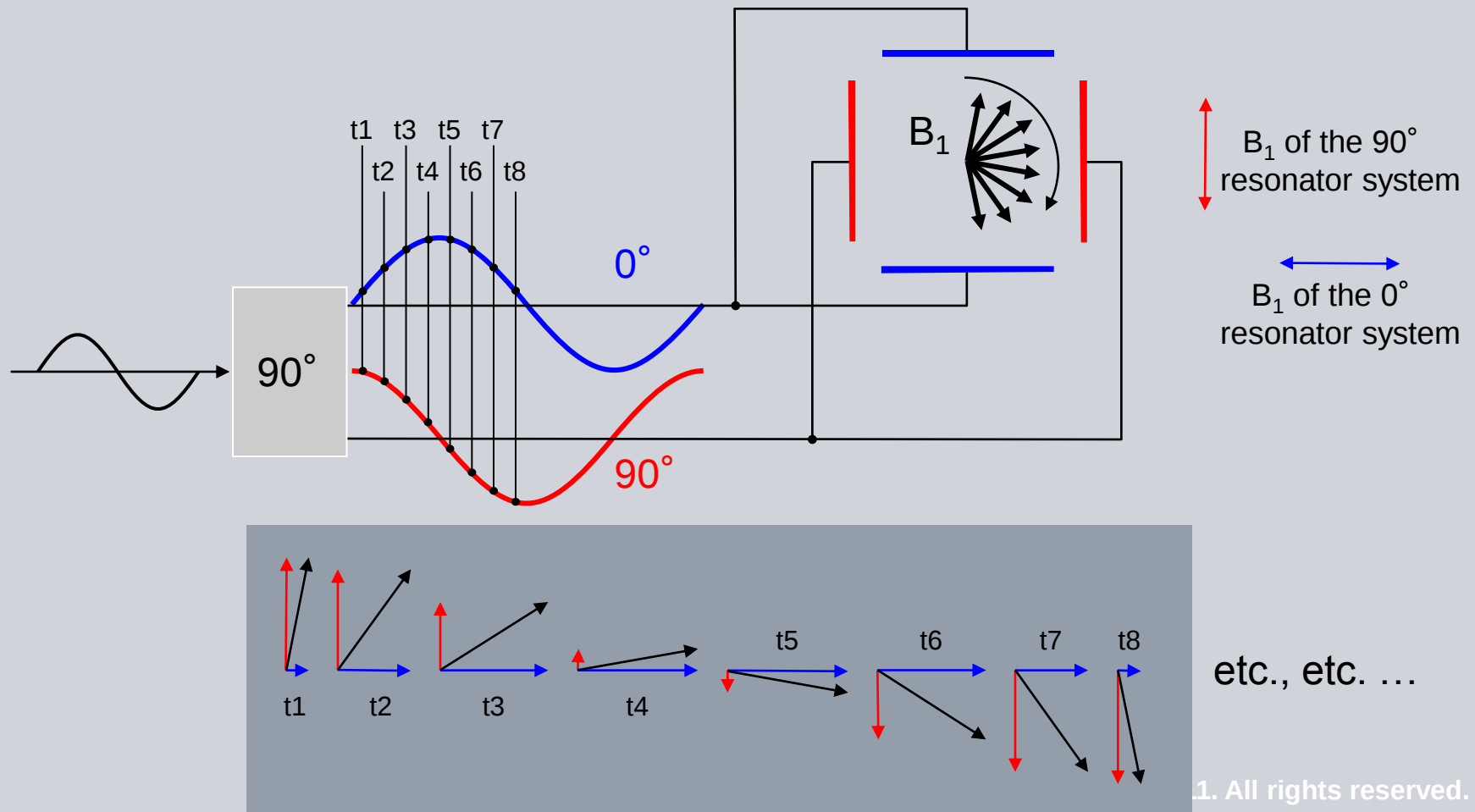


マグネット≡爆弾



B₁ Field Generation

This is how a CP field is created

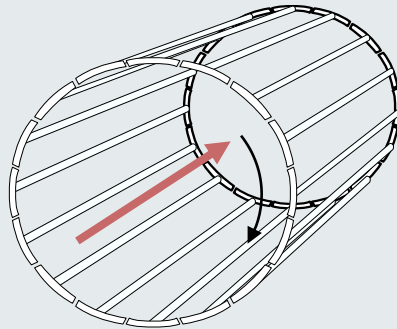


B₁ Field Generation

Birdcage Coil

Named after its configuration, the coil design has an improved B₁ field distribution than the A/G design and is the one used on all newer systems.

CP



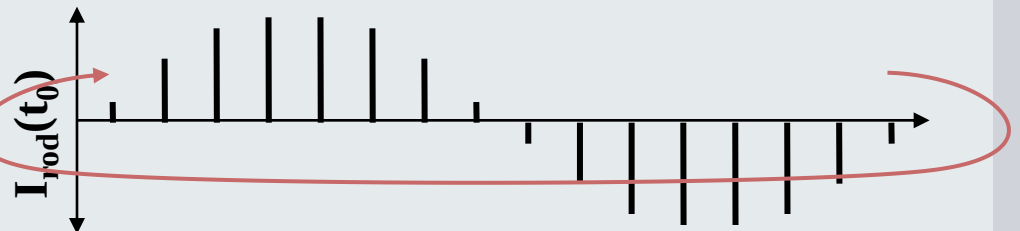
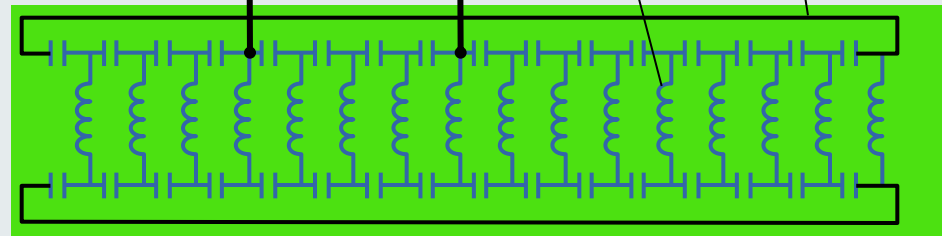
RF feed points

0°

90°

resonator

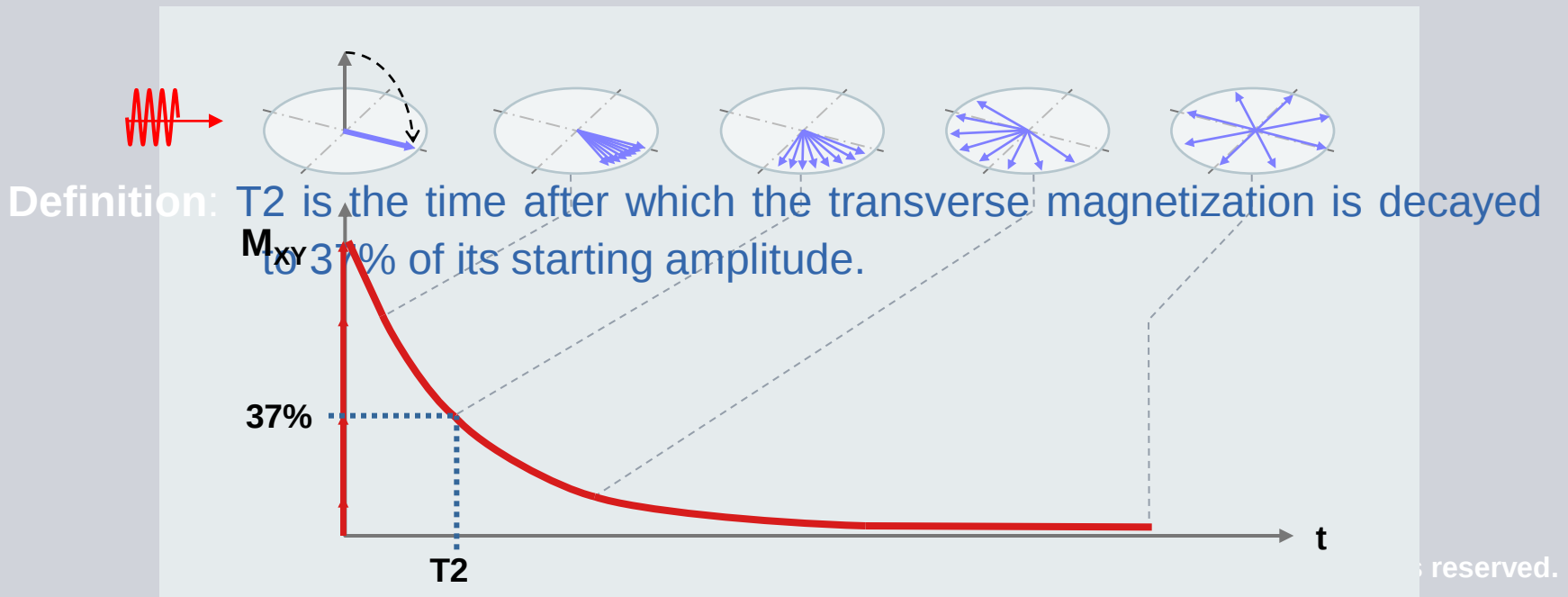
end ring



T2 Relaxation

T2 Relaxation Time

- The transverse relaxation time T_2 is the decay of the M_{xy} magnetization vector as a result of the interaction between nuclei (Spin-Spin-Relaxation).

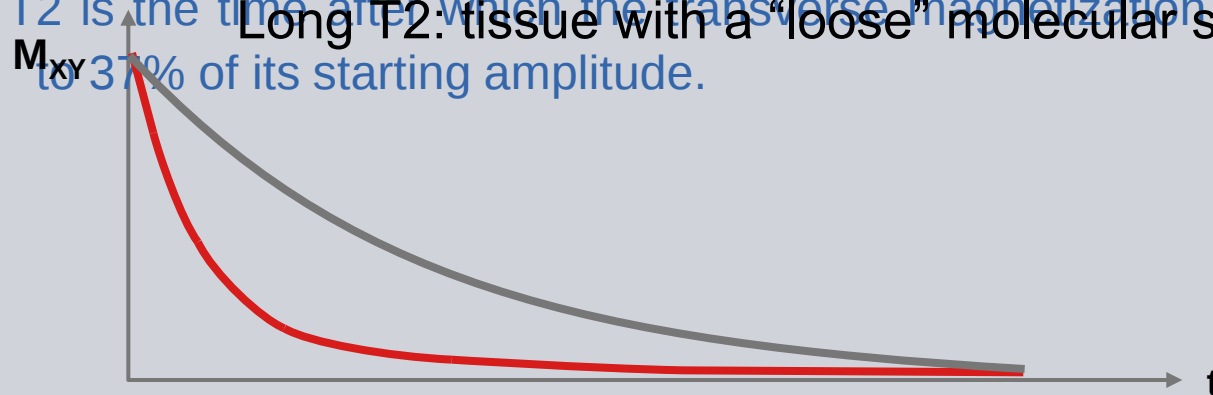


T2 Relaxation Time

- The transverse relaxation time T2 is the decay of the M_{XY} magnetization vector as a result of the interaction between nuclei (Spin-Spin-Relaxation).

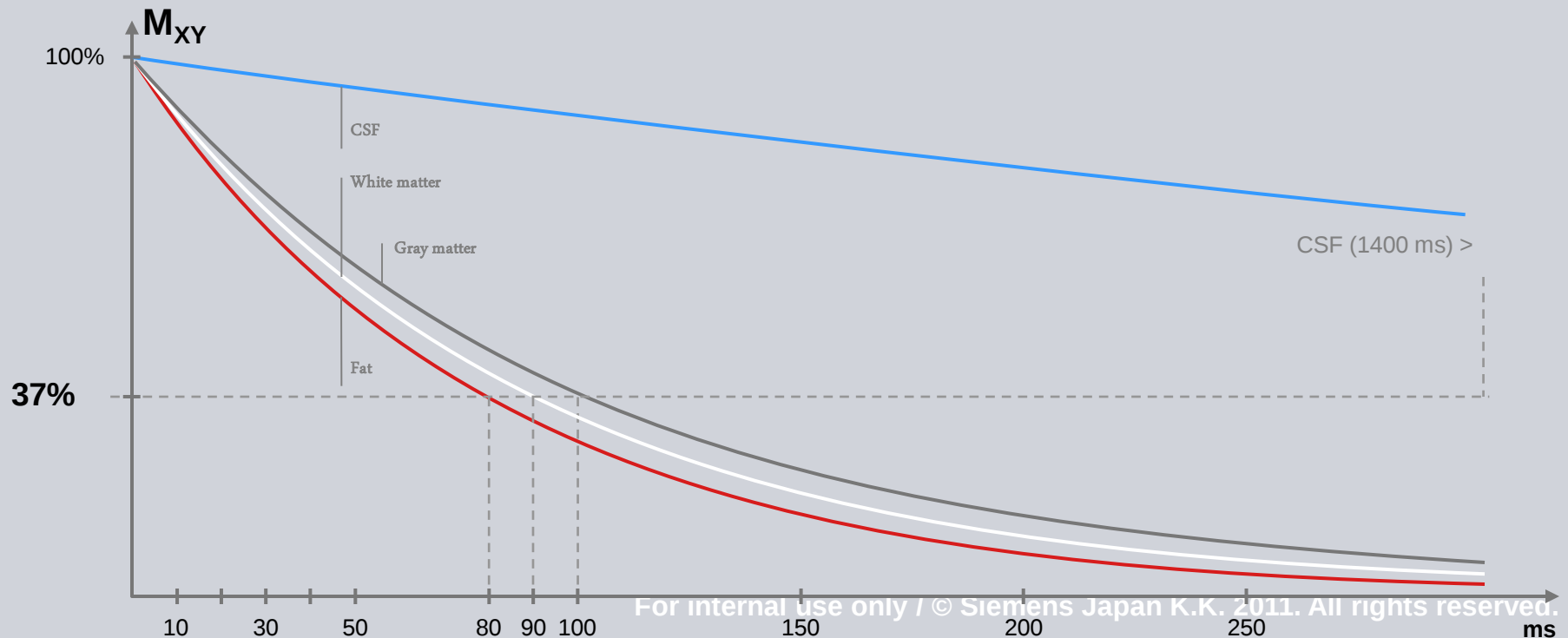
Short T2: tissue with a “tight” molecular structure

Definition: T2 is the time after which the transverse magnetization is decayed to 37% of its starting amplitude.



T2 Relaxation Curves

- Each tissue loses transverse coherence (magnetization) via an exponential decay process
- T2 decay is signal dephasing, **not** energy loss or energy transfer
- The T2 value for each tissue is **unique**. T2 contrast in spin echo imaging: the longer the T2, the higher the signal.



Typical T2 Relaxation Values

T2 Values for Some Tissue Types

Tissue	T2 [ms]
Liver	43 $\pm$ 6
Skeletal Muscle	47 $\pm$ 6
Heart Muscle	57 $\pm$ 9
Kidneys	58 $\pm$ 8
Spleen	62 $\pm$ 17
Fat	80 $\pm$ 36
White Brain Matter	92 $\pm$ 20
Gray Brain Matter	101 $\pm$ 13
CSF (estimated)	1400 $\pm$ 250

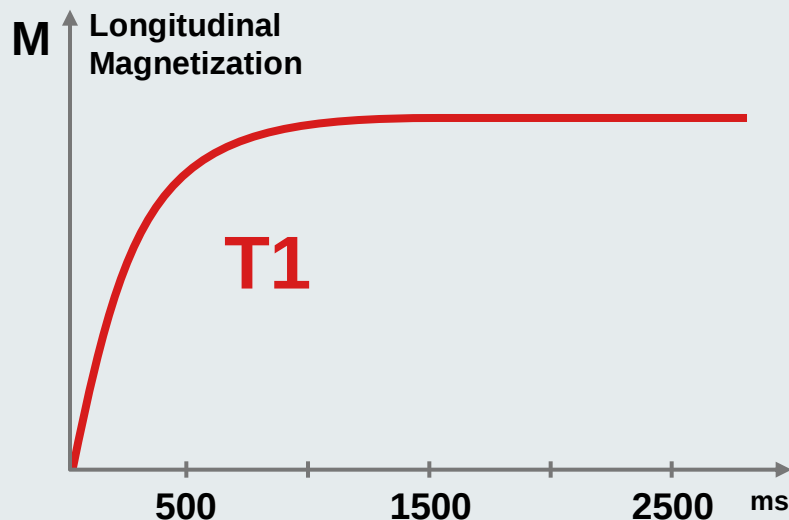
CSF = cerebrospinal fluid

For internal use only / © Siemens Japan K.K. 2011. All rights reserved.

T1 Relaxation

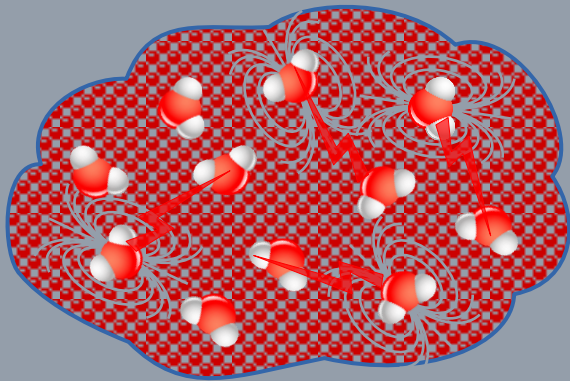
T1 Relaxation

- There is another relaxation to look at: the **longitudinal relaxation, or T1**.
- The T2 relaxation was caused by spin-spin interactions which only brought about dephasing of the proton vectors; the excitation energy has not yet been lost. The return of the protons to their original energy state, i.e. giving up the energy and reaching thermal equilibrium, is the T1 relaxation.



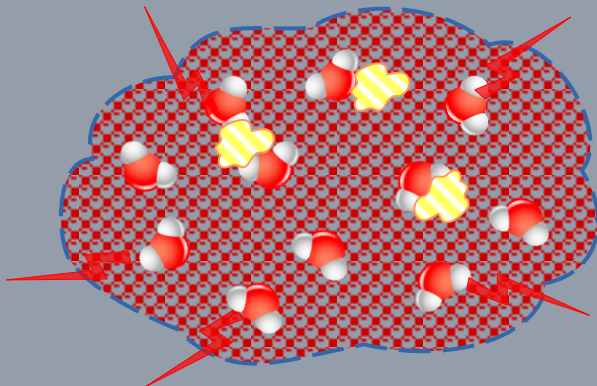
Relaxation

T2-Relaxation



- Where **T2** relaxation only a de-phasing is of the individual proton magnetic moments due to **spin-spin** coupling, no energy is lost within the system.
- **T2** relaxation is very fast, in the order of **10^S** of milliseconds.

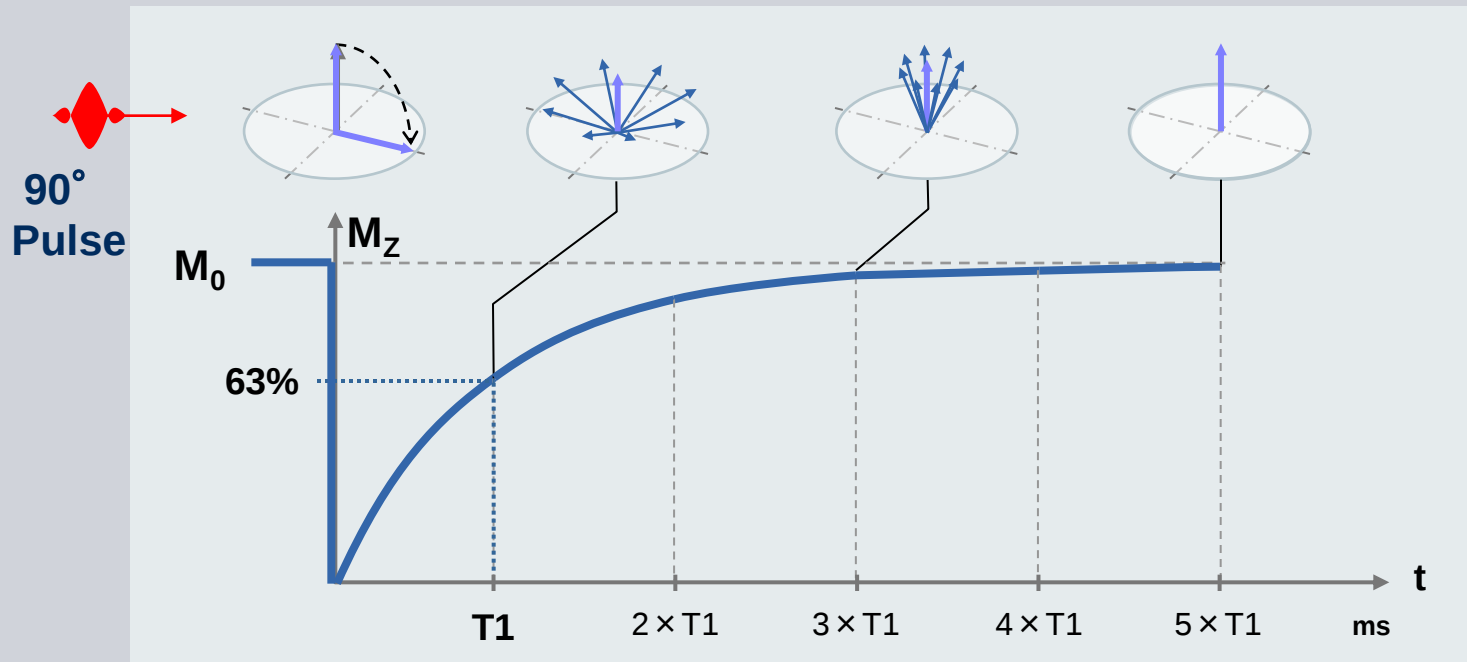
T1-Relaxation



- **T1** relaxation is energy given off to other molecules (**spin-lattice**) and is lost from the system. Protons are returning to the lower energy level.
- **T1** relaxation is relatively slow, in the order of **100^S** of milliseconds.

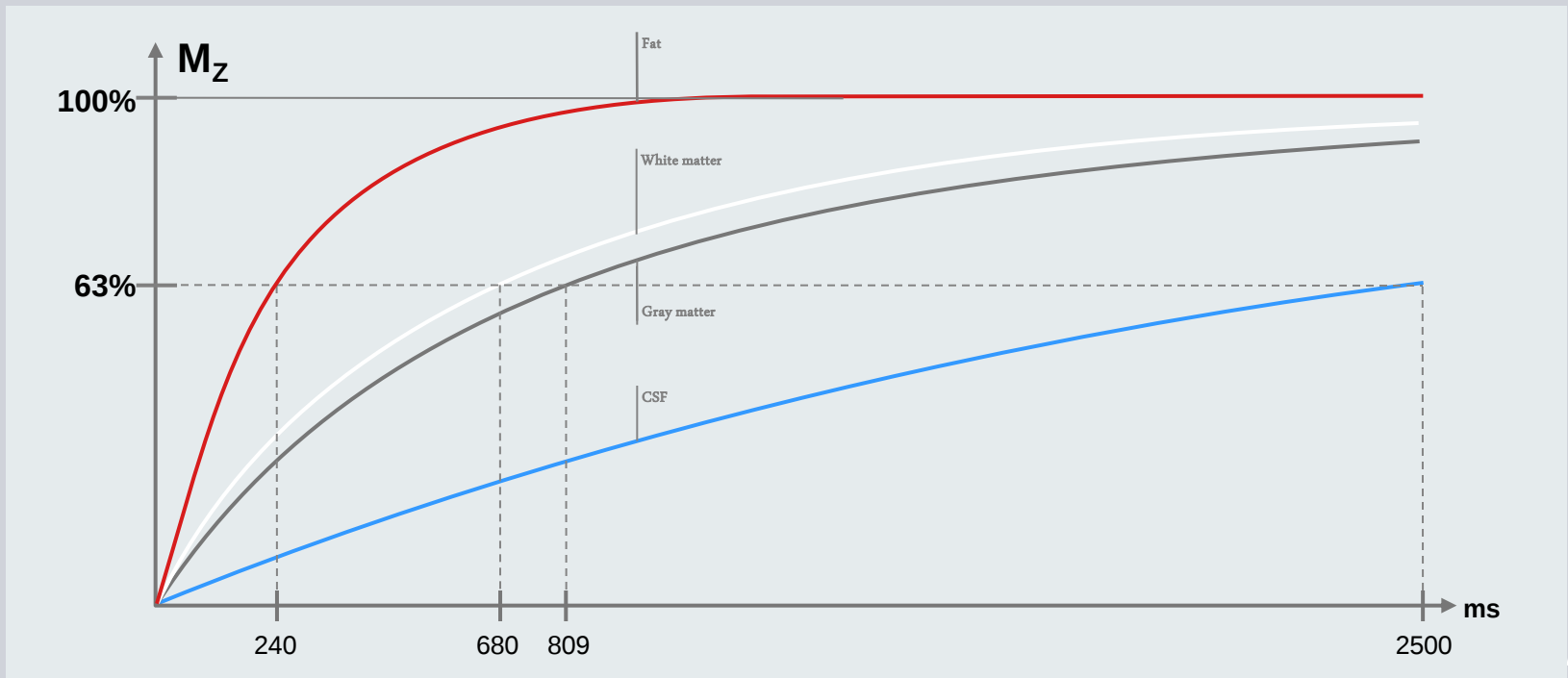
Longitudinal Relaxation Time T1

- The longitudinal relaxation time T1 is the energy transfer between excited spins and tissue (Spin-Lattice-Relaxation).
- Definition: T1 is the time required for the longitudinal component of M0 to return to 63% of its initial value.



T1 Relaxation Curves

- The curves depict the relaxation speeds for any given tissue and is exponential.
- The T1 value is also unique for each tissue.
- The difference in relaxation times gives contrast.



Typical T1 Relaxation Values

T1 Values for Some Tissue Types

Tissue	T1 [ms]	T1 [ms]	T1 [ms]
	(for 0.2T)	(for 1T)	(for 1.5T)
Fat	200±60	250±70	260±70
Liver	228±50	420±92	490±110
Kidneys	393±110	587±160	650±180
Spleen	398±75	680±130	778±150
White Brain Matter	388±66	680±120	783±130
Skeletal Muscle	370±66	730±130	863±160
Heart Muscle	416±66	745±120	862±140
Gray Brain Matter	492±84	809±140	917±160
CSF (estimated)	1500±400	2500±500	3000±600

← T1 times are field-strength dependant

CSF = cerebrospinal fluid

For internal use only / © Siemens Japan K.K. 2011. All rights reserved.

(i) T1強調画像

繰り返し時間(TR)を短くし、エコー時間(TE)を最小に設定したシーケンスでは、画像のコントラストはT1に依存するので、T1強調画像である。

(ii) T2強調画像

TRおよびTEを長く設定したシーケンスでは、画像のコントラストはT2に依存するので、T2強調画像である。

(iii) プロトン密度強調画像

TRを長く、TEを短く設定したシーケンスでは、プロトン密度強調画像である。