

MR検査を安全に行うための “アレ・コレ” —体内デバイスを中心に—

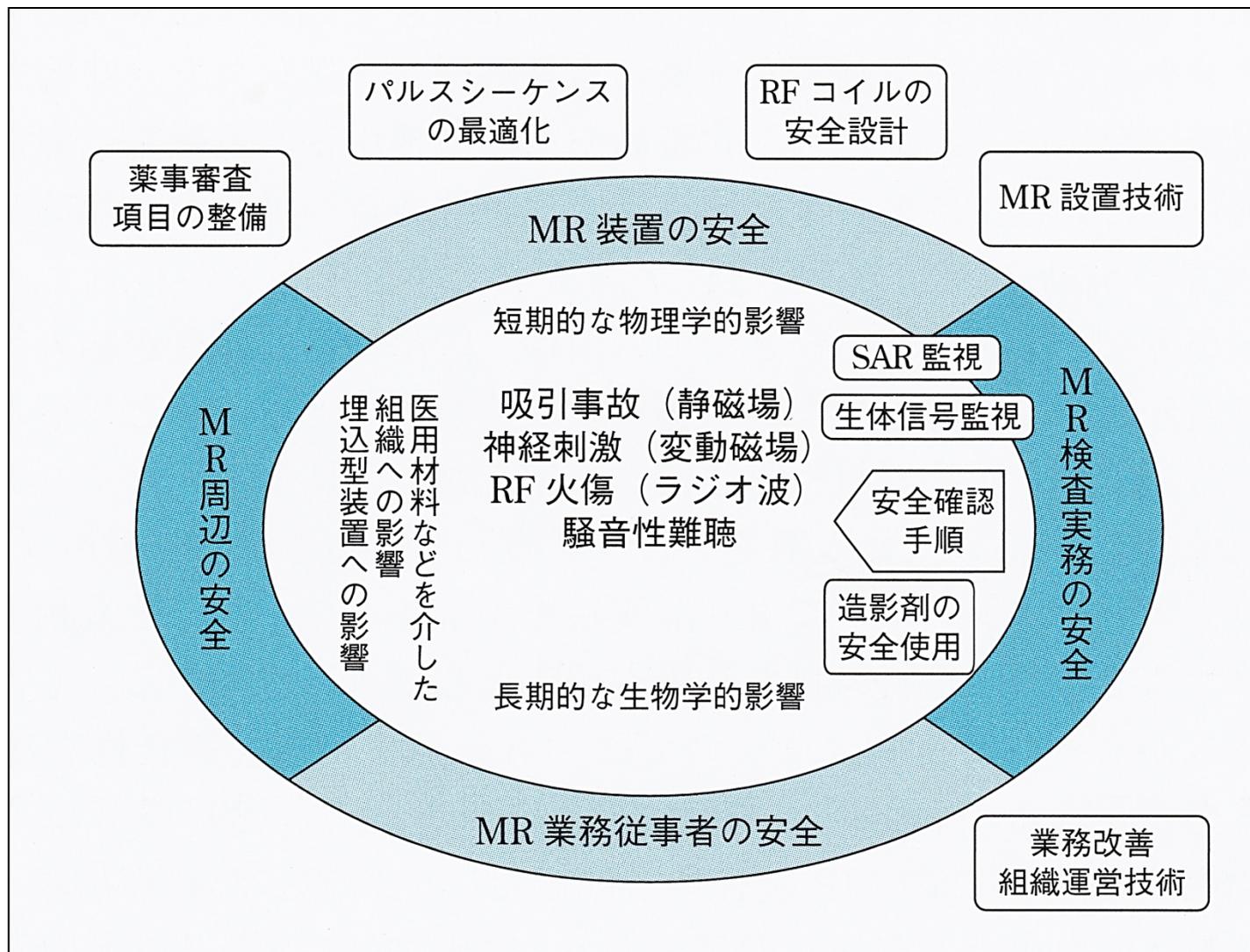
神戸大学医学部附属病院 医療技術部

川光 秀昭

MR安全性の視点

- MR装置の安全
 - » 物理的な特性
 - » 操作モード、RFコイル、クエンチ
- MR装置周辺的安全
 - » 0.5mTの漏洩磁場
 - » 医療機器の電磁適合性(Electro-Magnetic Compatibility : EMC)
 - » MR適合性(MR Safe, MR Conditional, MR Unsafe)
- MR検査実務の安全
 - » 安全のチェック(問診)
 - » 造影剤
- MR装置使用者の安全
 - » 事故の防止
 - » 健康管理

MR安全の要素と技術



デバイスが受けるMR検査の影響

1. 静磁場

- ✓ T(テスラ)、磁場勾配 (T / m)
- ✓ 吸引力、トルク、振動
- ✓ デバイスの破損、動作停止

2. 傾斜磁場

- ✓ dB / dT (mT / s)
- ✓ Slew Rate (mT / m / s)
- ✓ 振動、誘導電流
- ✓ デバイスの破損、動作停止、神経刺激

3. RF磁場

- ✓ SAR (W / kg)、 B_{1rms} (μ T)
- ✓ 誘導電流
- ✓ デバイスの破損、動作停止、リードの発熱

デバイスが受けるMR検査の影響

1. 静磁場

- ✓ T(テスラ)、磁場勾配 (T / m)
- ✓ 吸引力、トルク、振動
- ✓ デバイスの破損、動作停止

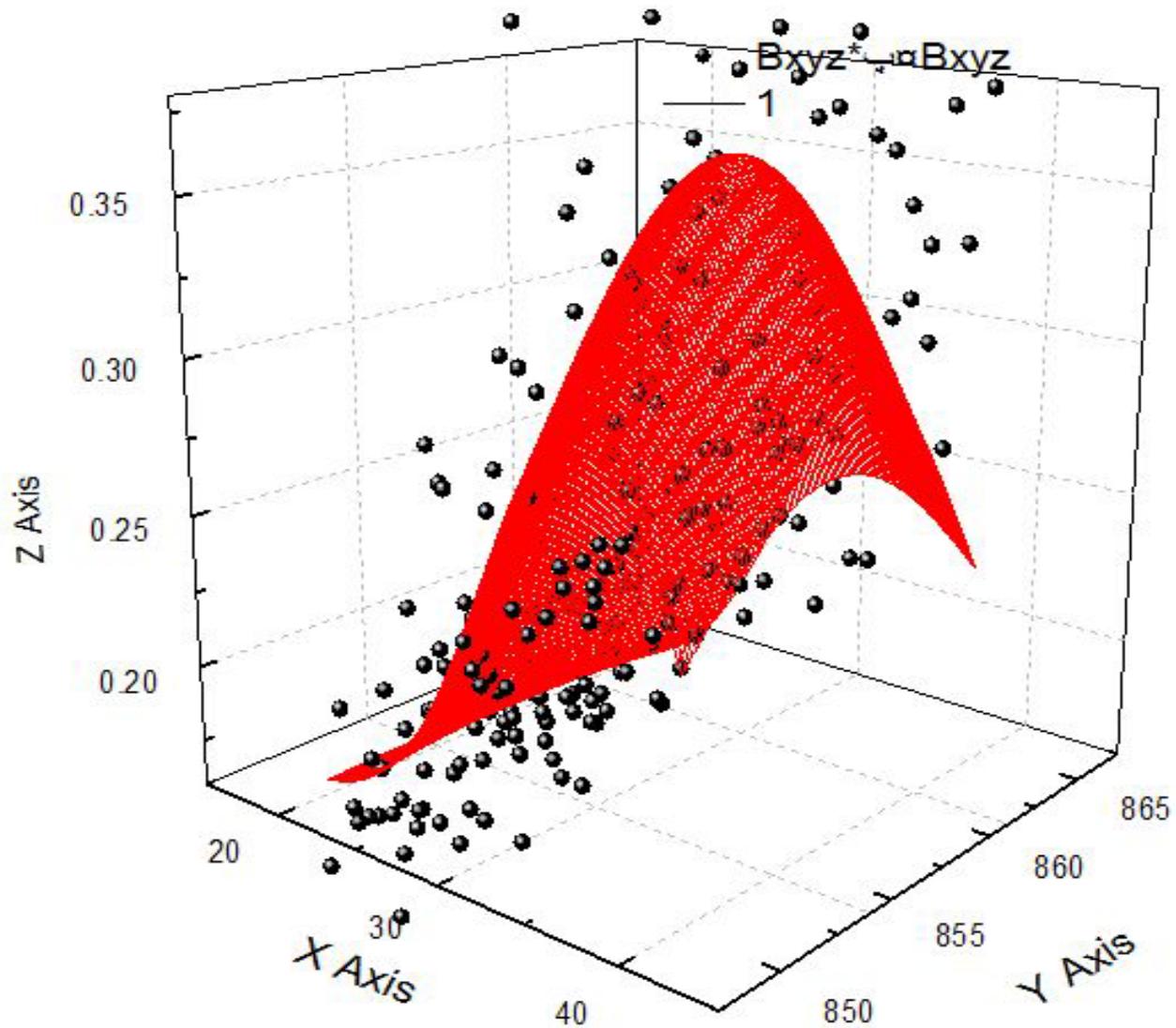
2. 傾斜磁場

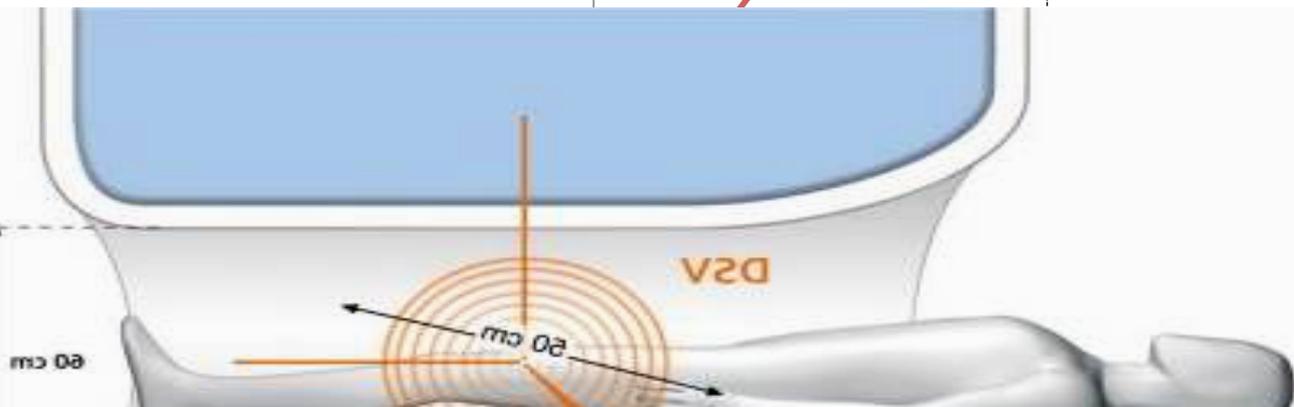
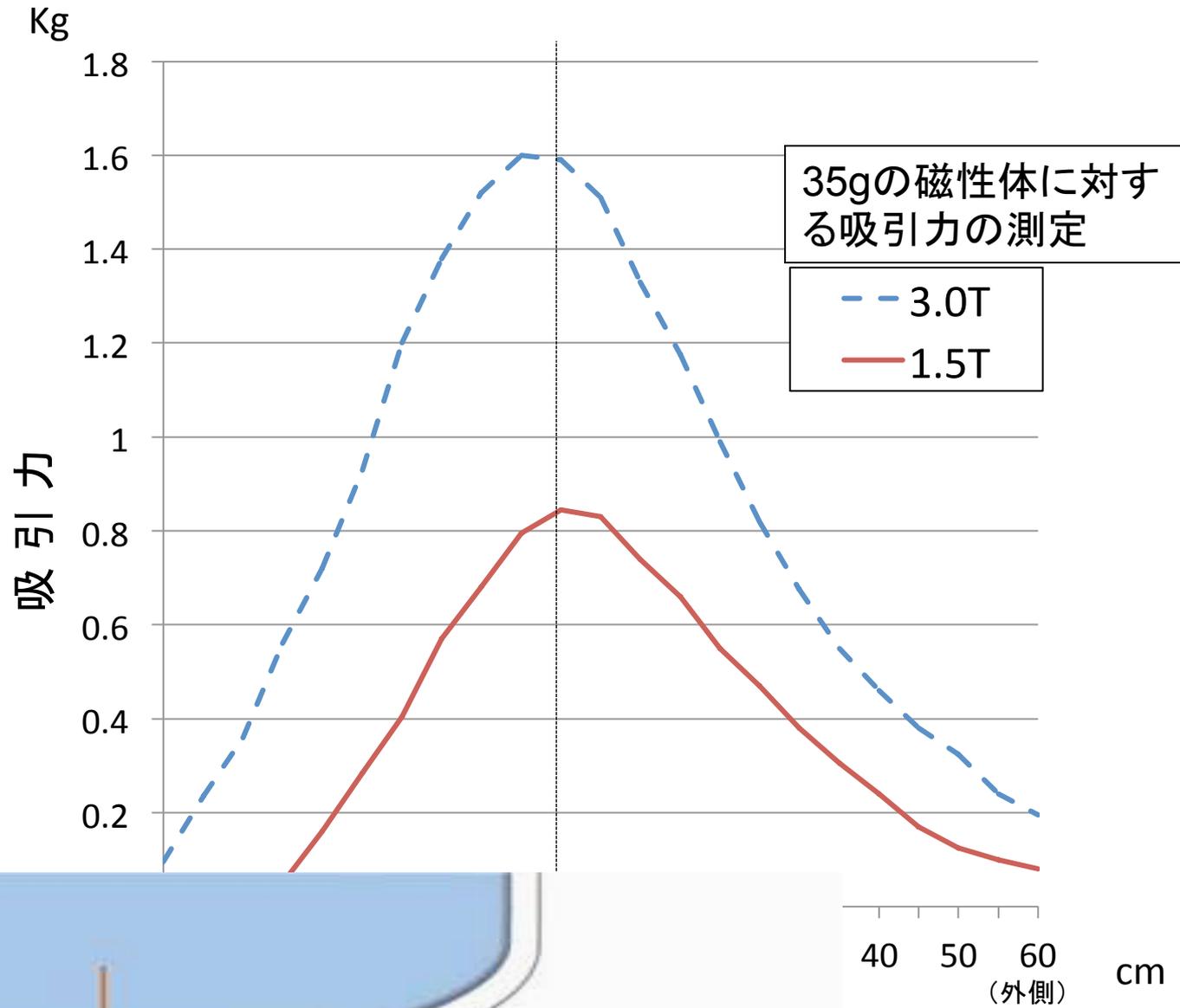
- ✓ dB / dT (mT / s) **・完全な非磁性(非導電性)**
- ✓ 振動、誘導電流 **・電源(スイッチ、電池)**
- ✓ デバイスの破損、動作停止、神経刺激 **・磁性部品、磁石**

3. RF磁場

- ✓ SAR (W / kg) **・アーチファクト**
- ✓ 誘導電流
- ✓ デバイスの破損、動作停止、発熱

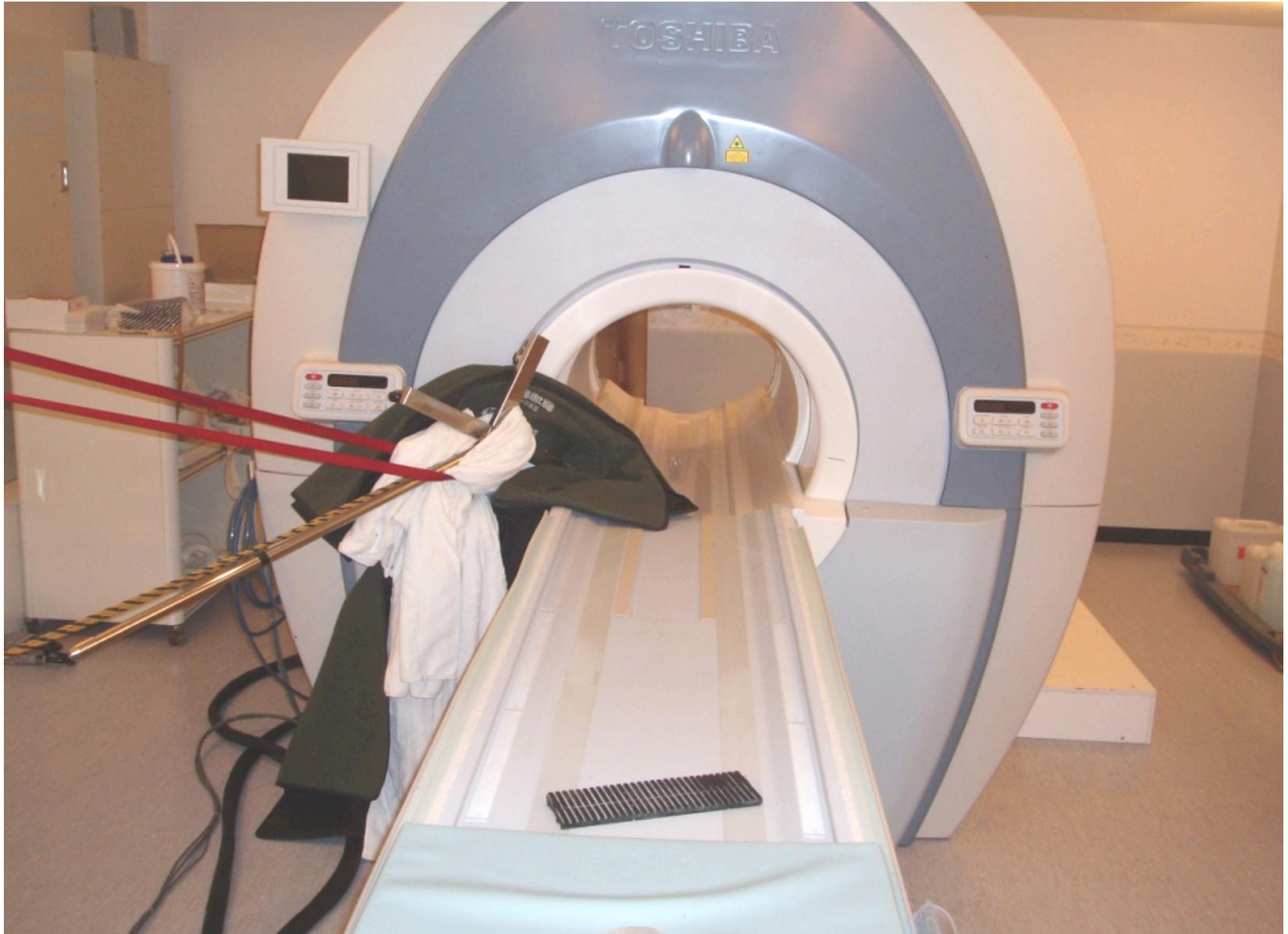
漏洩磁場の測定





(吸引力)

吸着事故例



衝擊映像



デバイスが受けるMR検査の影響

1. 静磁場

- ✓ T(テスラ)
- ✓ 吸引力、トルク、振動
- ✓ デバイスの破損、動作停止

・完全な非磁性

・非導電性、電気回路保護

・低周波(100Hz以下)

2. 傾斜磁場

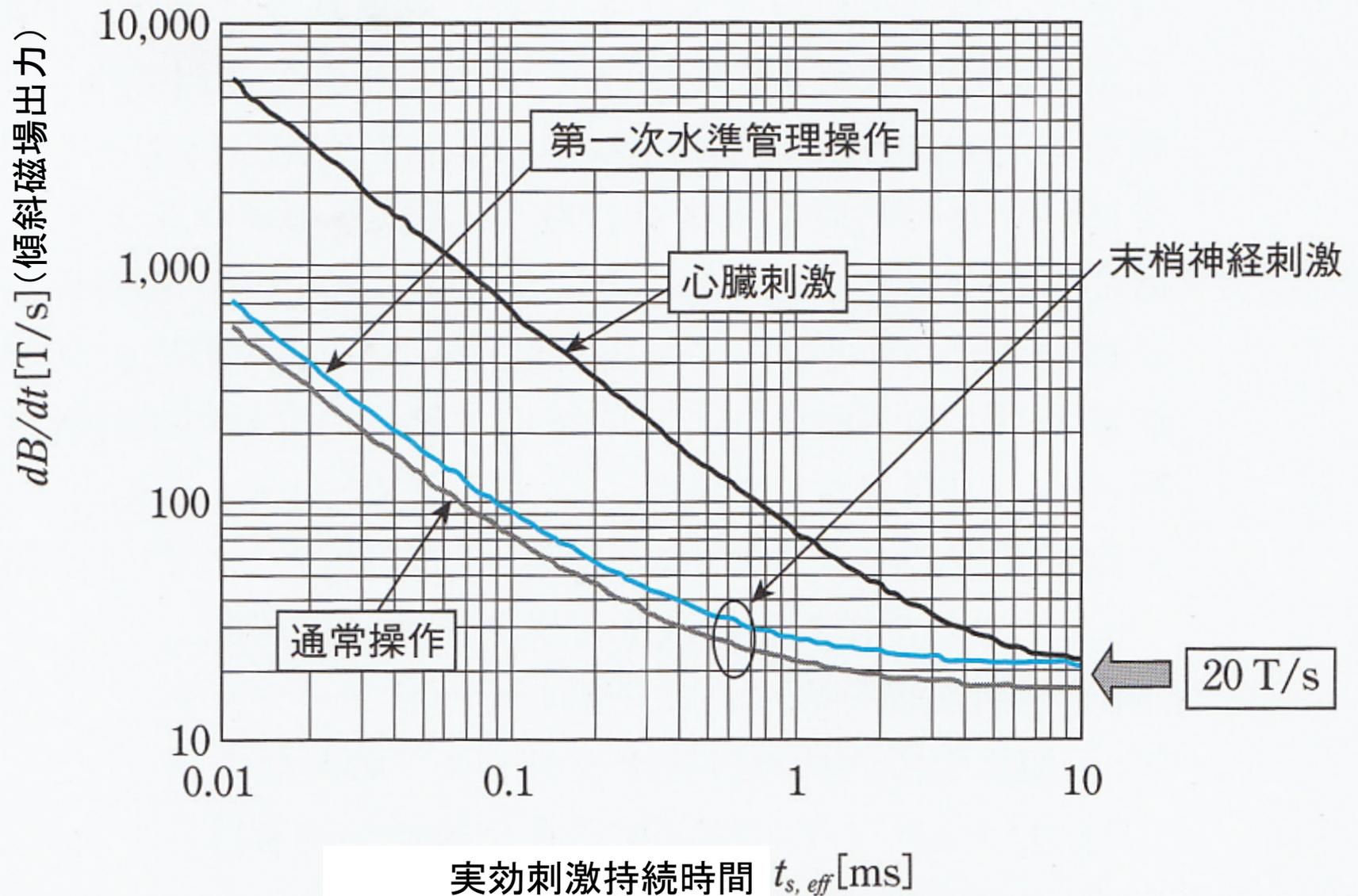
- ✓ dB / dT (mT / s)
- ✓ Slew Rate (mT / m / s)
- ✓ 振動、誘導電流
- ✓ デバイスの破損、動作停止、神経刺激

・神経刺激

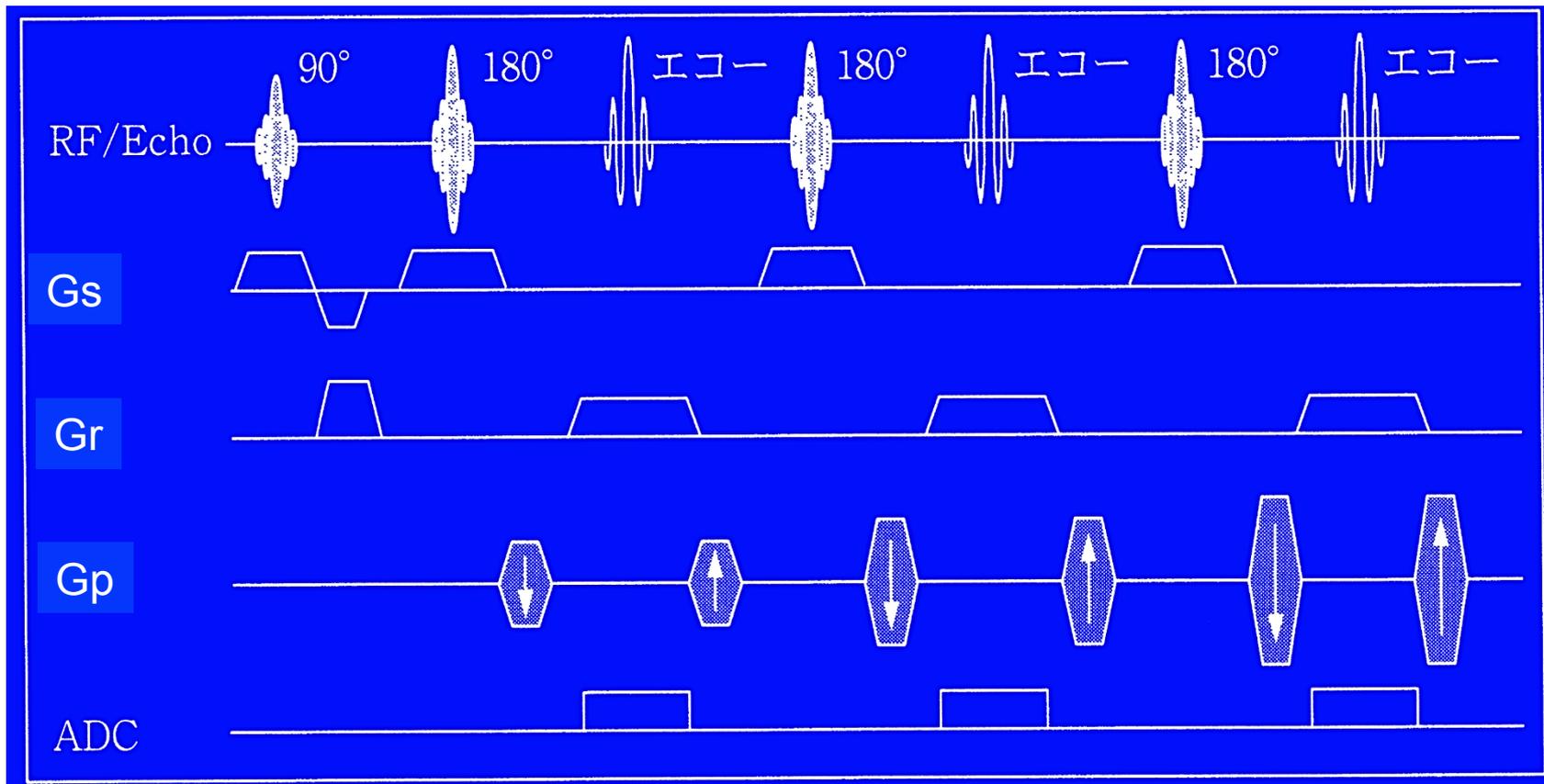
3. RF磁場

- ✓ SAR (W / kg)
- ✓ 誘導電流
- ✓ デバイスの破損、動作停止、発熱

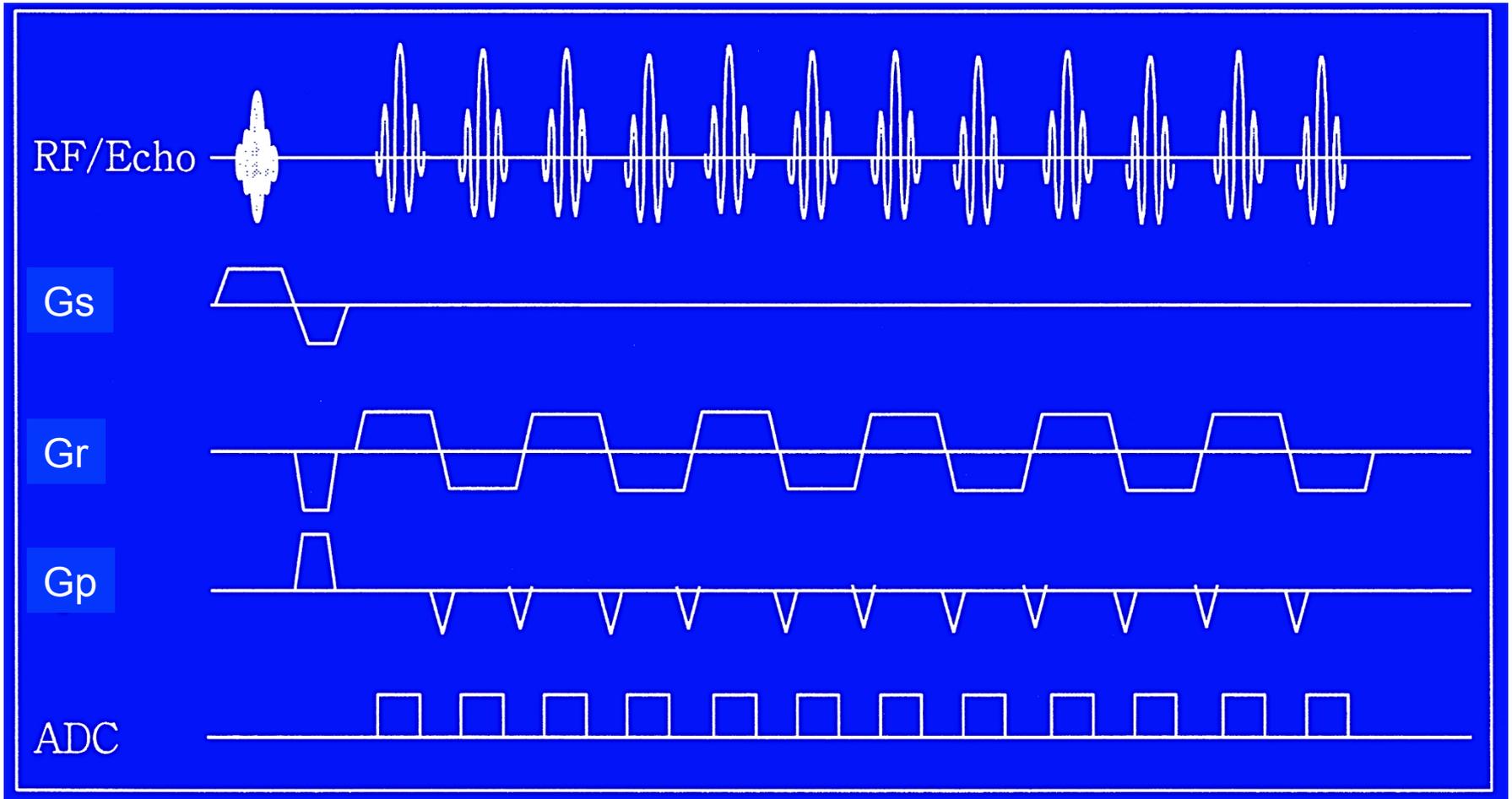
末梢神経刺激の限界値



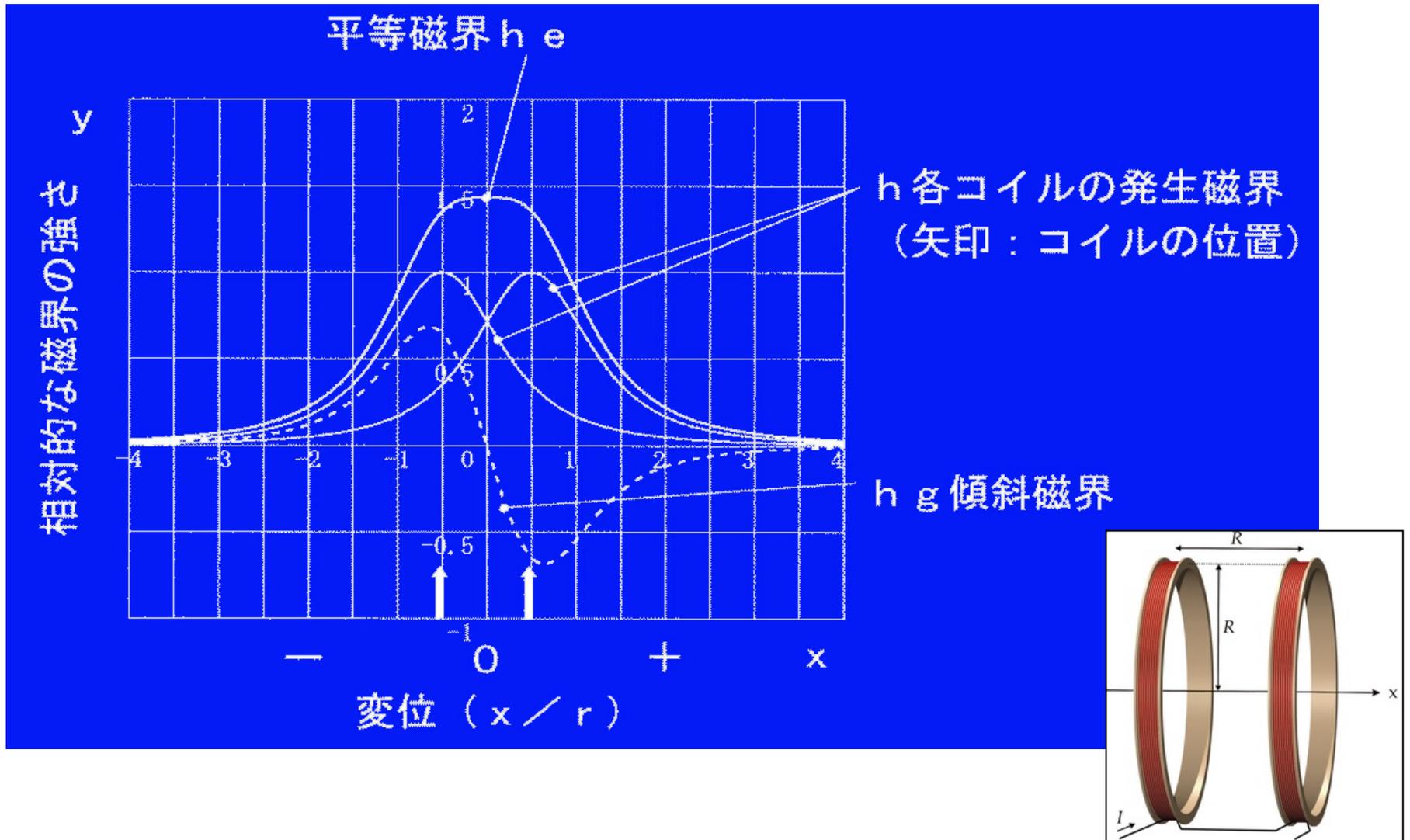
パルスシーケンス(高速SE)



パルスシーケンス (EPI)



ヘルムホルツコイルによる磁場



デバイスが受けるMR検査の影響

1. 静磁場

- ✓ T(テスラ)
- ✓ 吸引力、トルク、振動
- ✓ デバイスの破損、動作停止

・電気回路、リード線保護

2. 傾斜磁場

- ✓ dB / dT (mT / s) (Slew Rate : mT / m / s)
- ✓ 振動、誘導電流
- ✓ デバイスの破損、動作停止、神経刺激

・高周波(100MHz)

・発熱

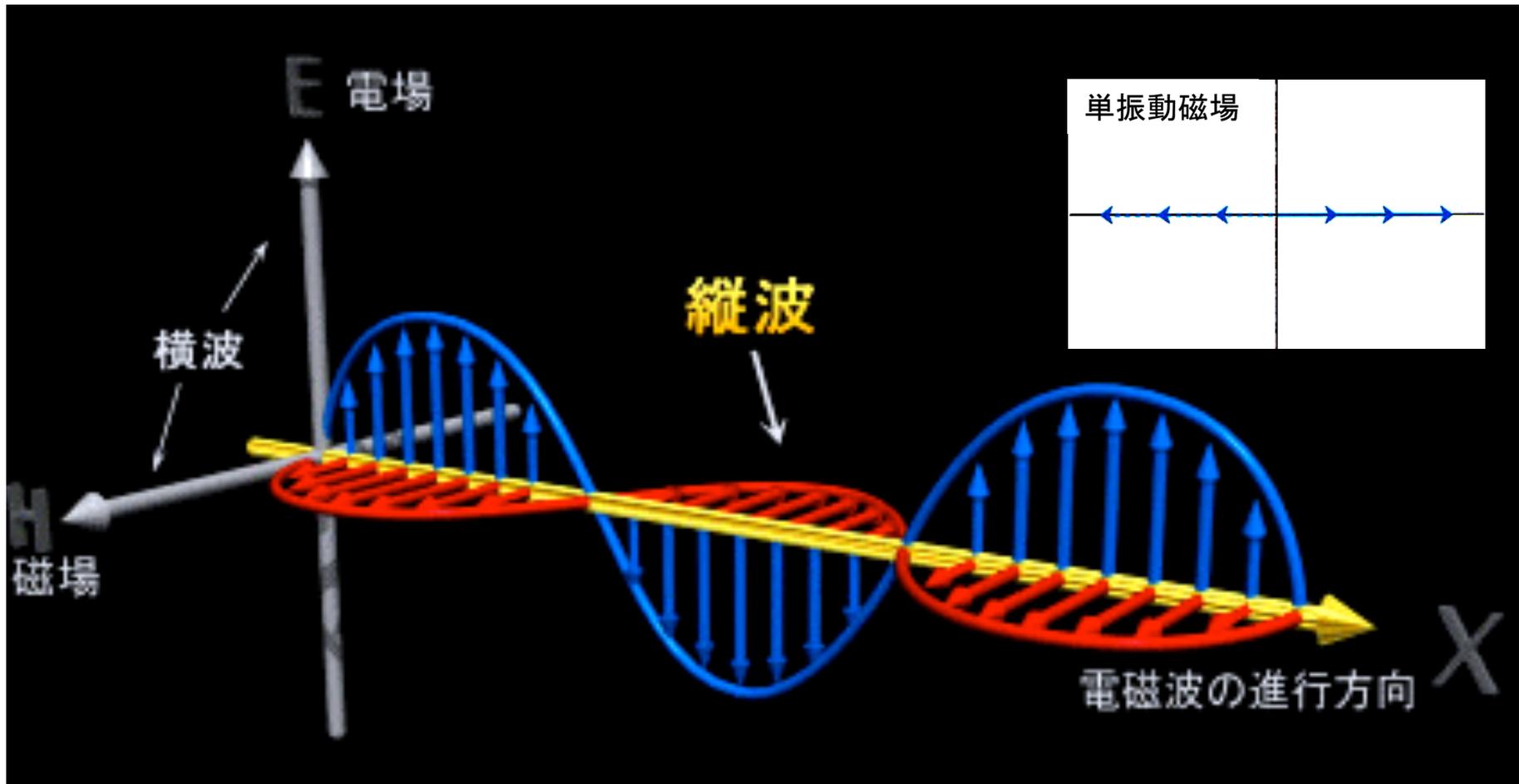
・電磁的両立性(EMC)

3. RF磁場

- ✓ SAR (W / kg)、 B_1^{+rms} (μT)
- ✓ 誘導電流
- ✓ デバイスの破損、動作停止、発熱

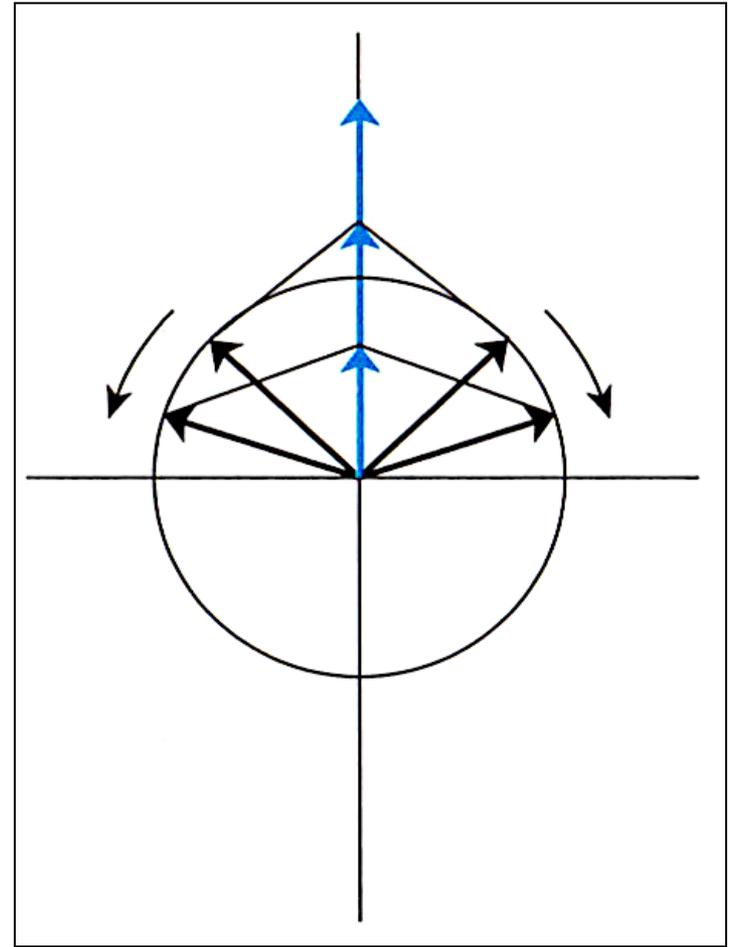
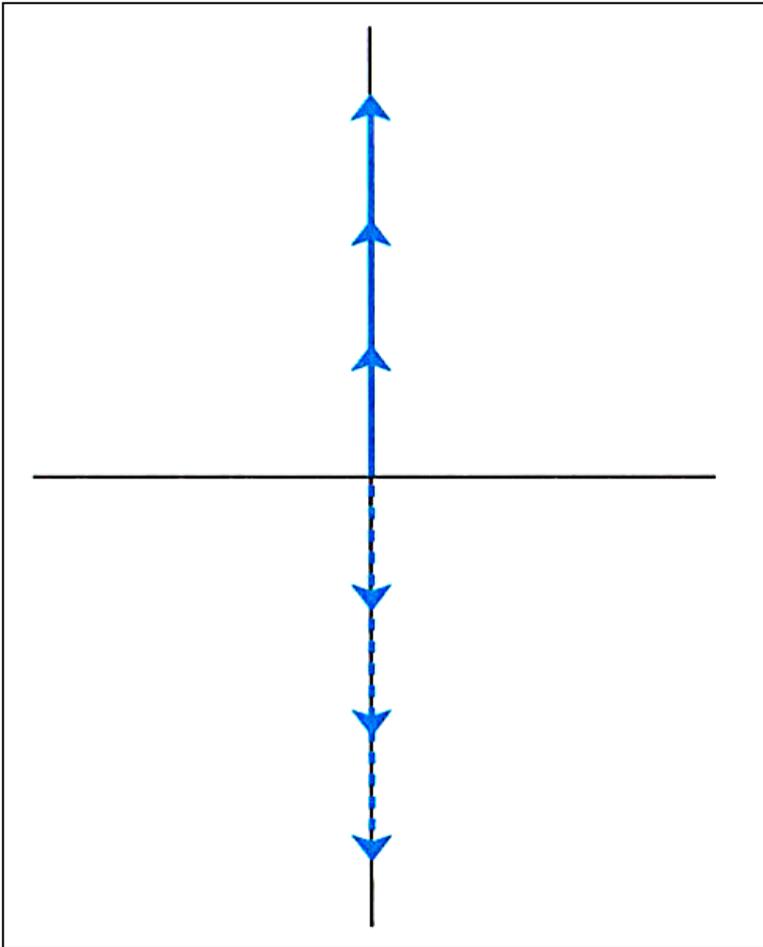
電磁(RF)波

- 電磁波は単振動磁場(電場)を与える。

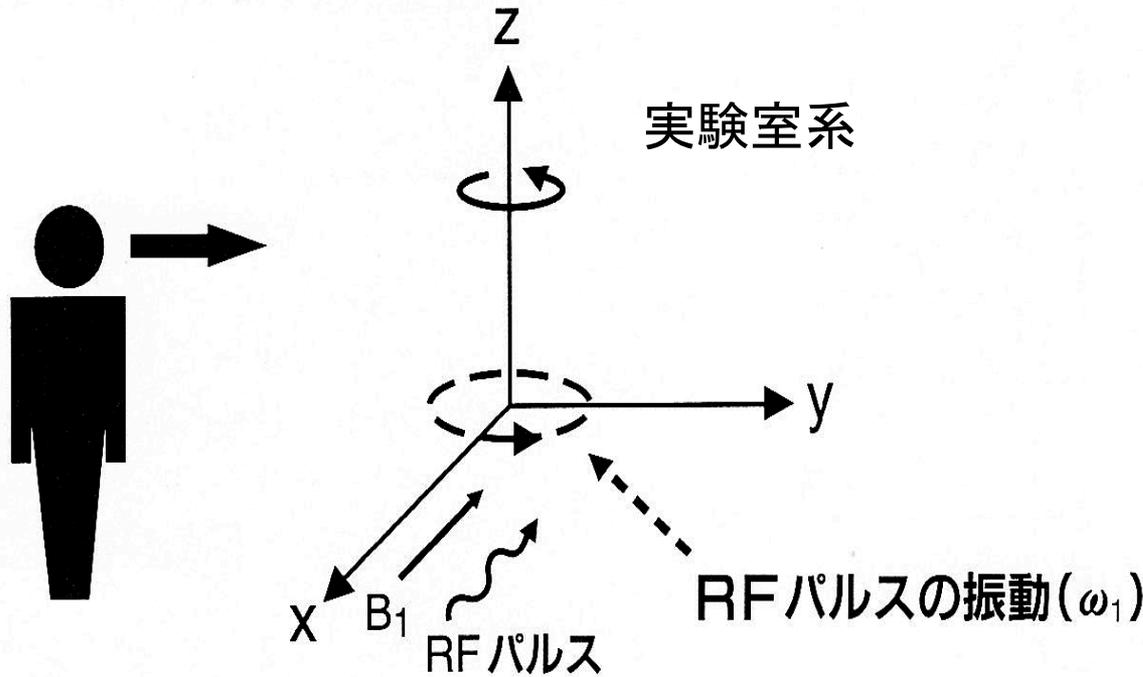


回転磁場の合成

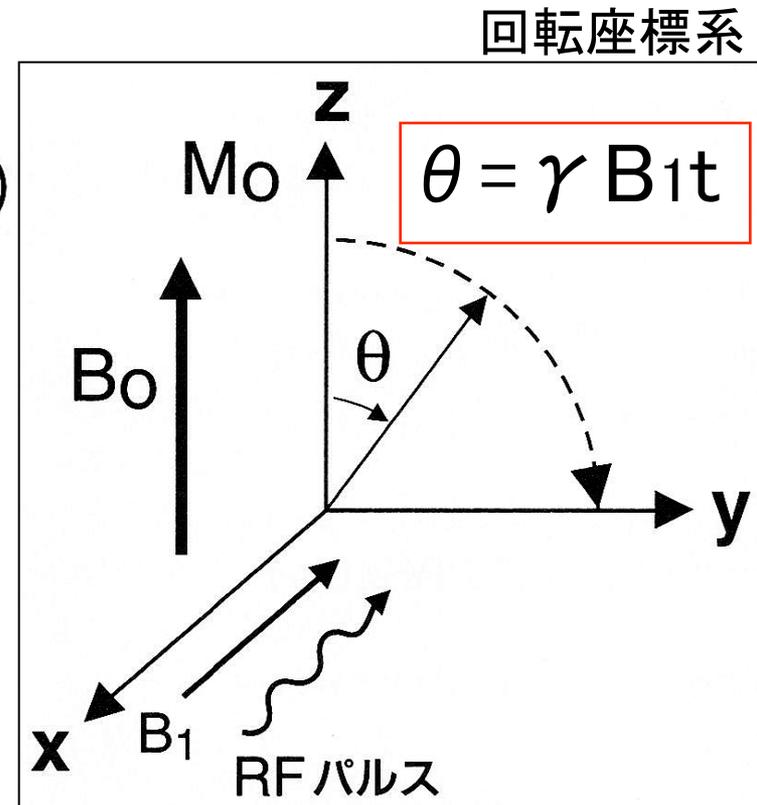
- 単振動磁場は反対方向の回転磁場の合成である。



RF波による回転磁場 (B_1)

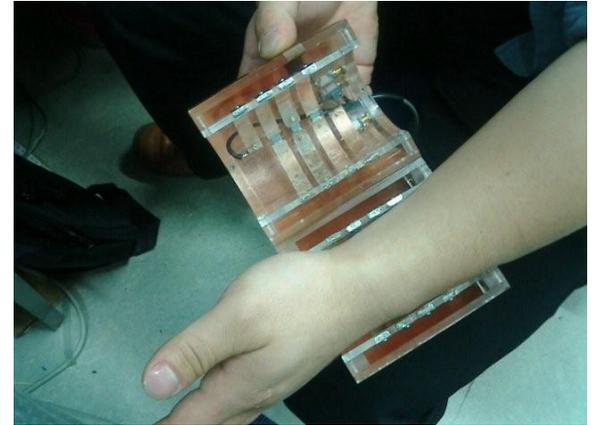
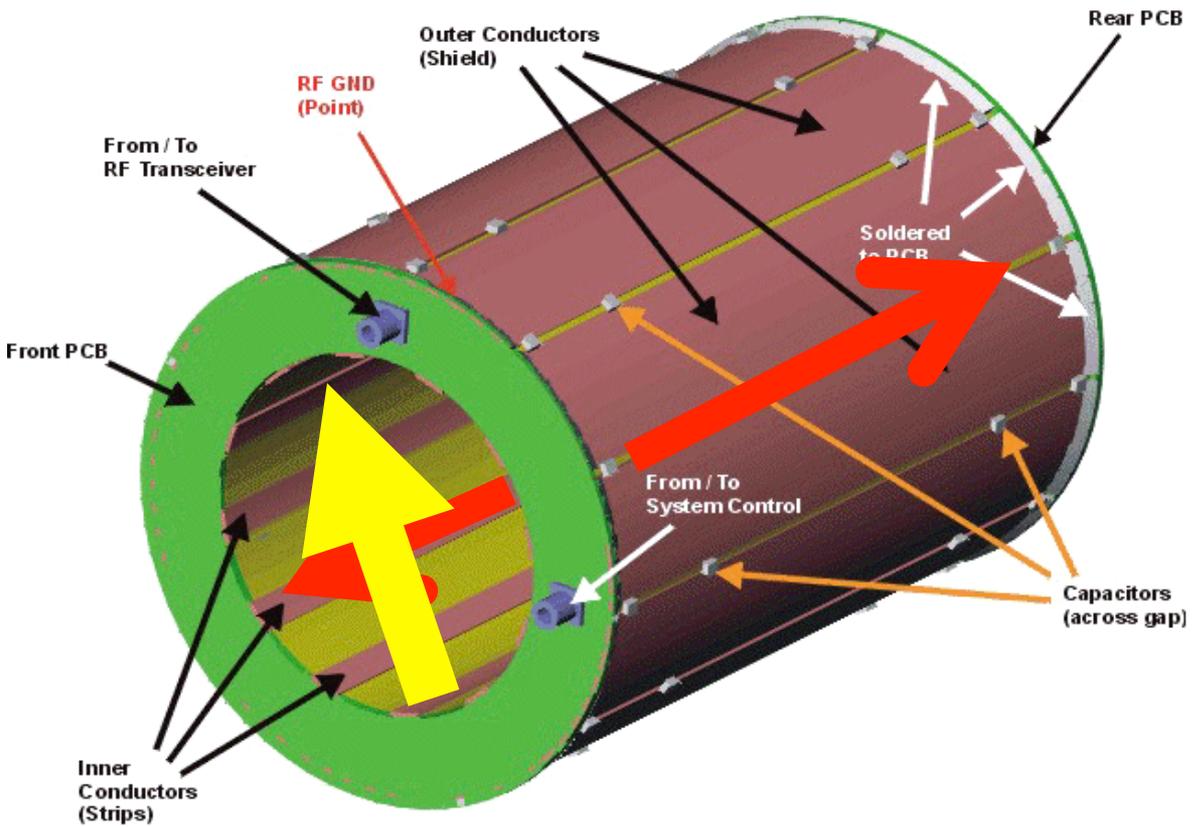


- ・RF波を照射すると
- ・xy平面に回転磁場ができる。
- ・共鳴周波数の時、回転座標系では
- ・常に同じ方向に磁場: B_1 ができる。
- ・歳差運動がはじまる。



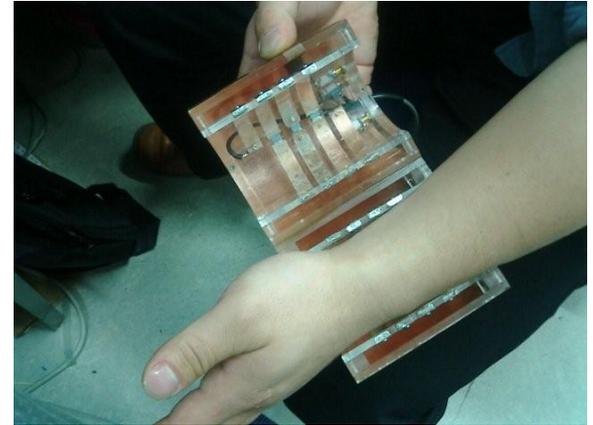
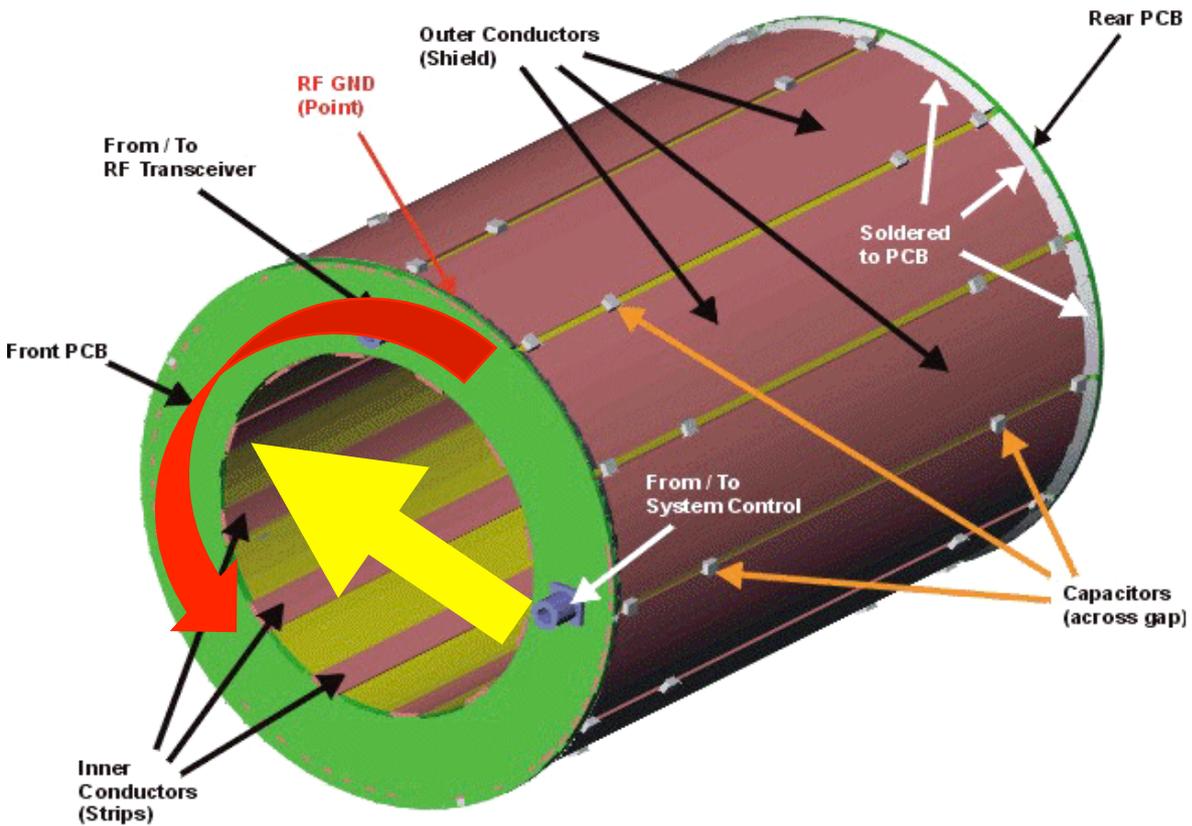
RF (電磁) 波コイル

XY平面に回転磁場を生成する。



RF (電磁) 波コイル

XY平面に回転磁場を生成する。



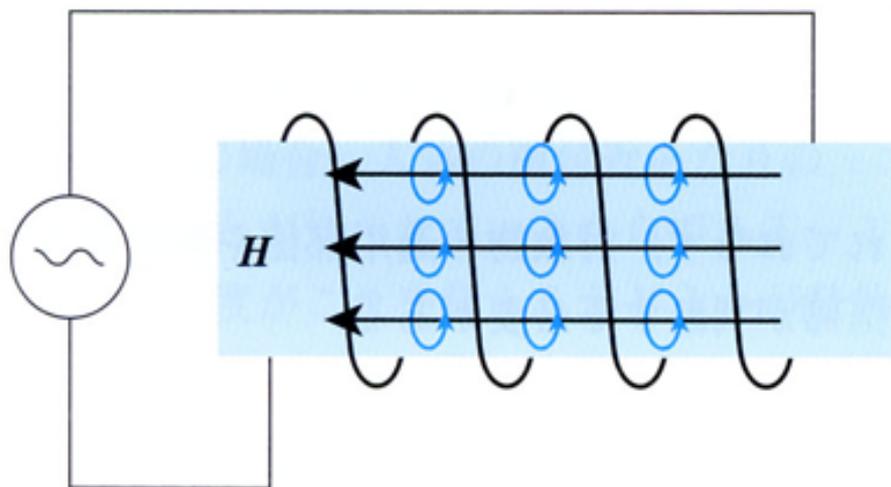
RF磁場の作用

- 高周波で変化する磁束が体(導電体)を貫く
- 渦電流が誘導される
- 誘導加温 (Inductive Heating :

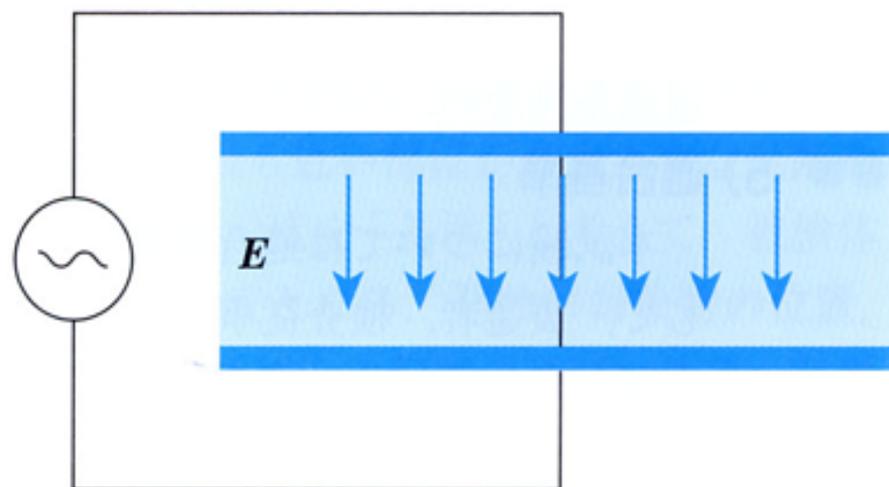
SAR : W/kg

B_{1+rms} : μT

A 誘導加温



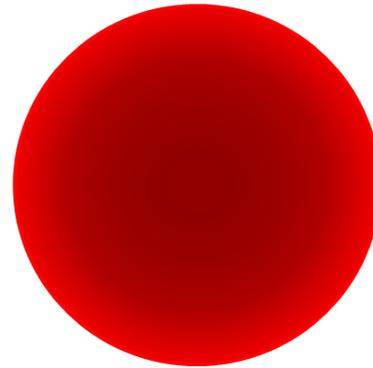
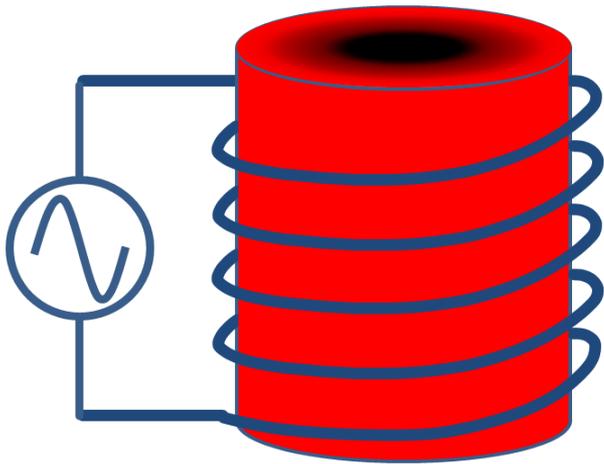
B 誘電加温



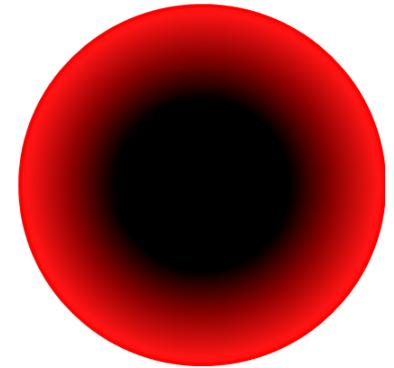
Hは磁界、Eは電界を表す。



誘導加熱



低周波誘導加熱

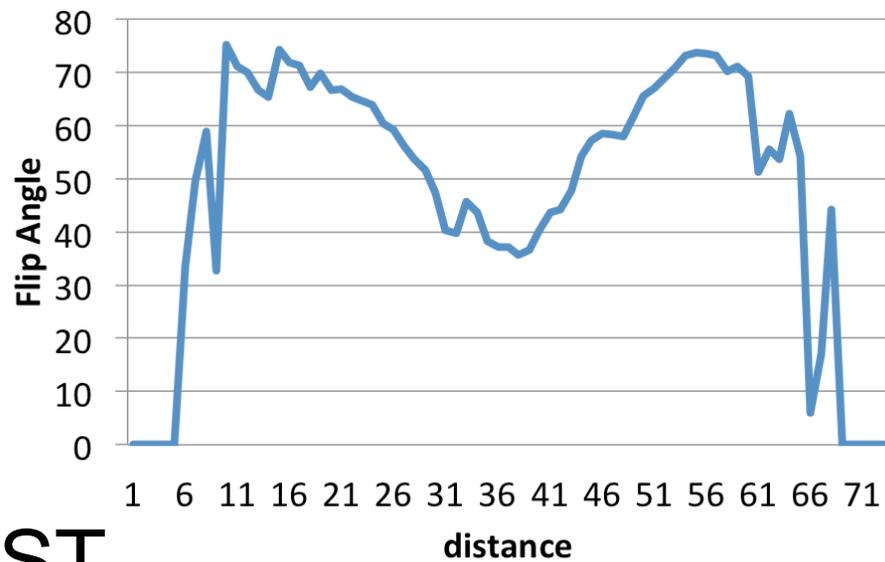
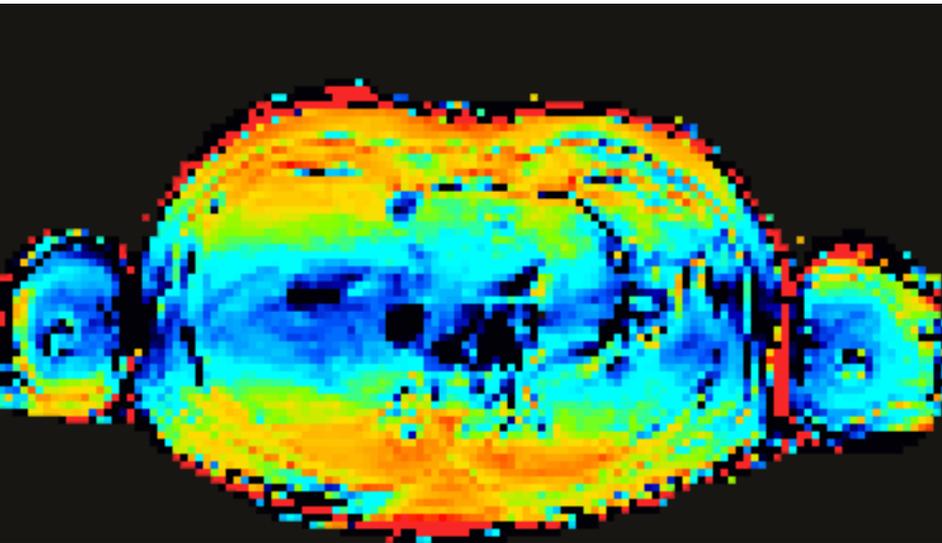


高周波誘導加熱

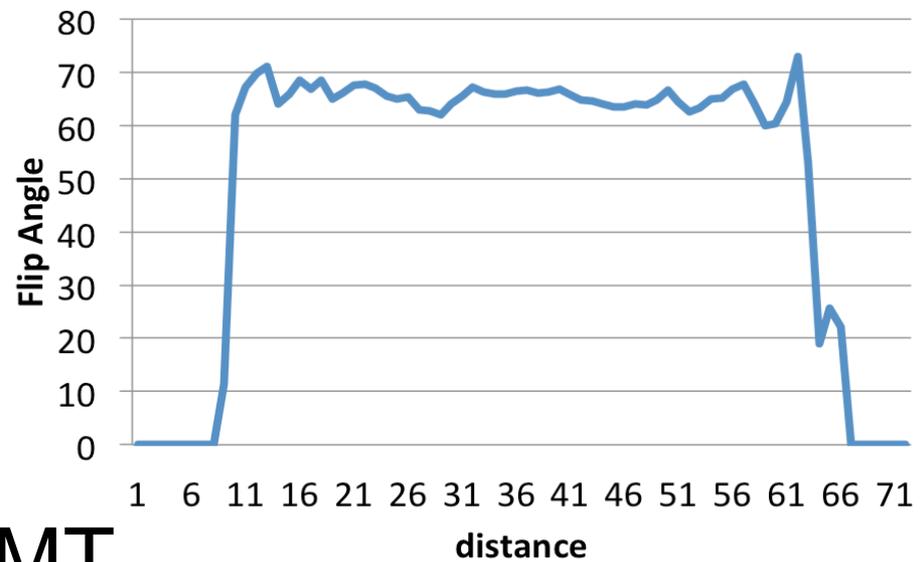
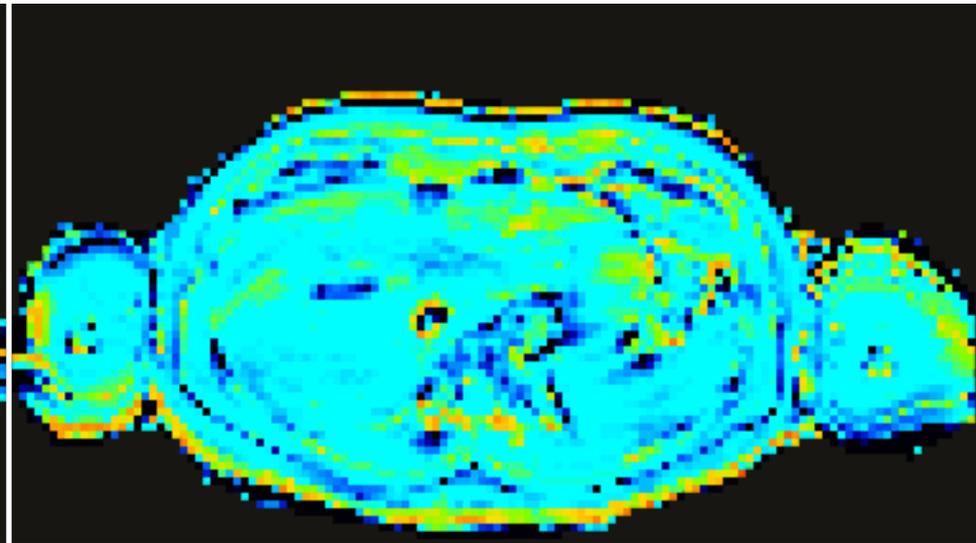
誘導加熱とは、コイルに交流電流を流すことで交番磁界を発生させ、それを導電体(人体)に印加することで渦電流を発生させて、そのジュール熱により伝導体自身を加熱するという、非接触型の加熱方式である。

RF波の強度(FA)分布 -B1マッピング-

3.0T-MR



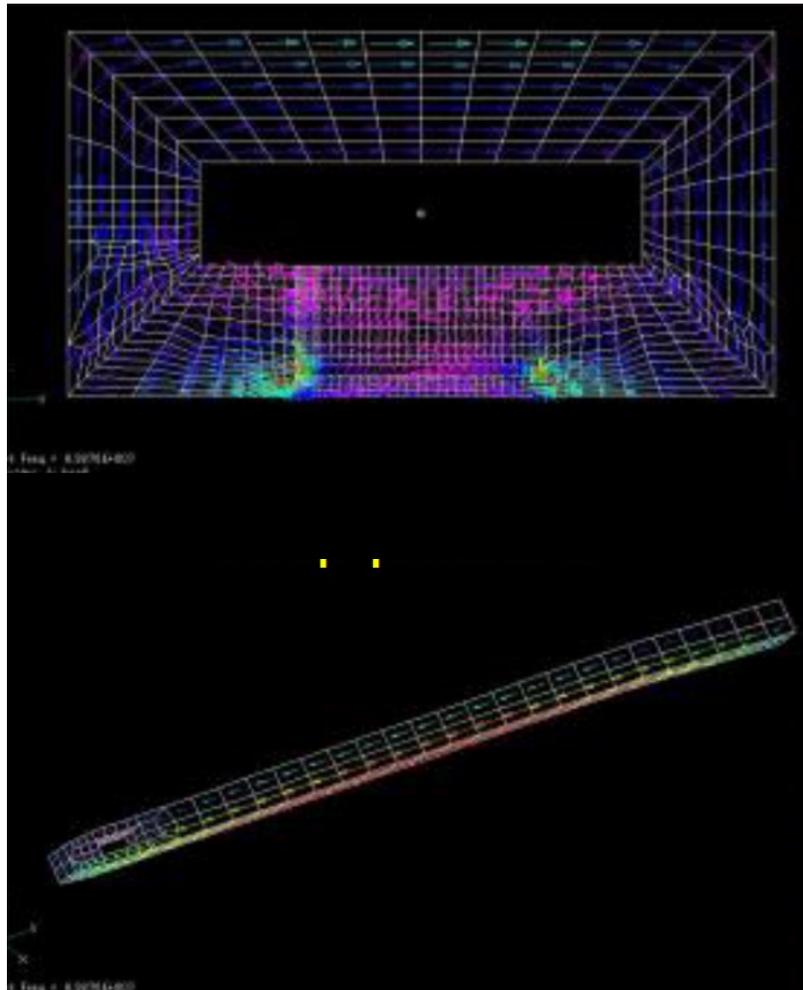
ST



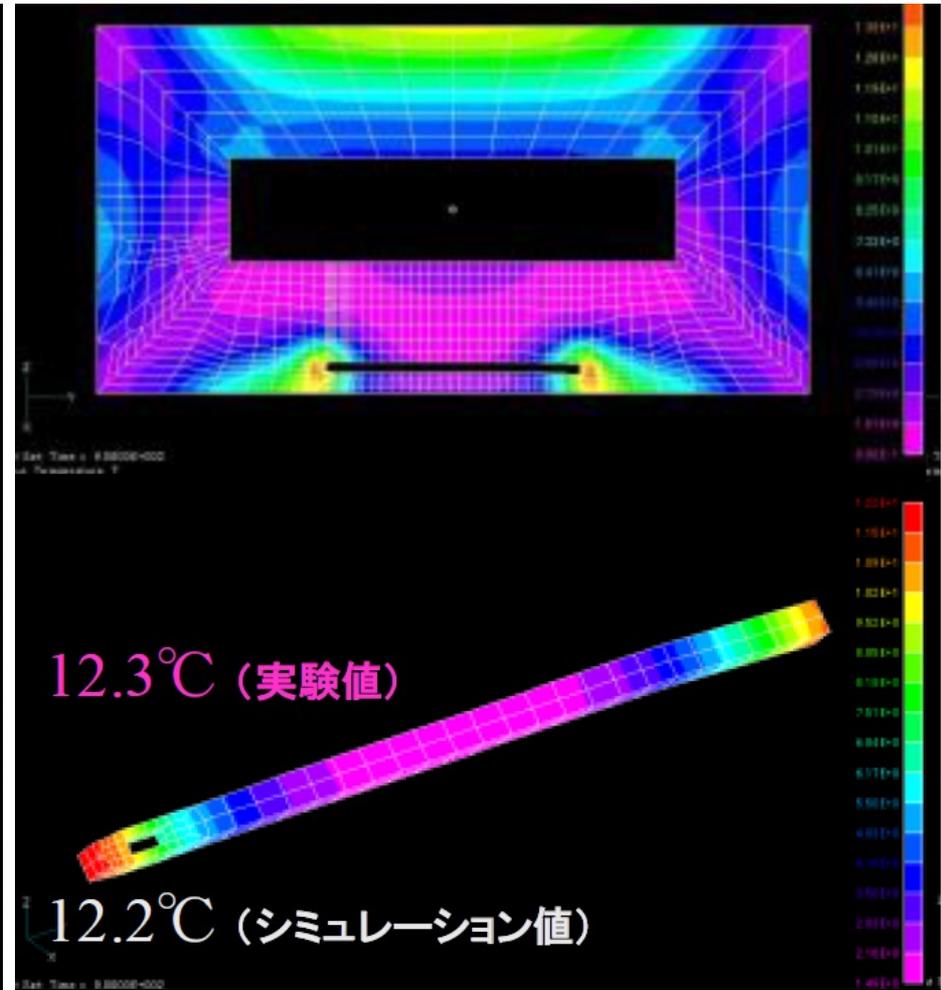
MT

体内金属への影響

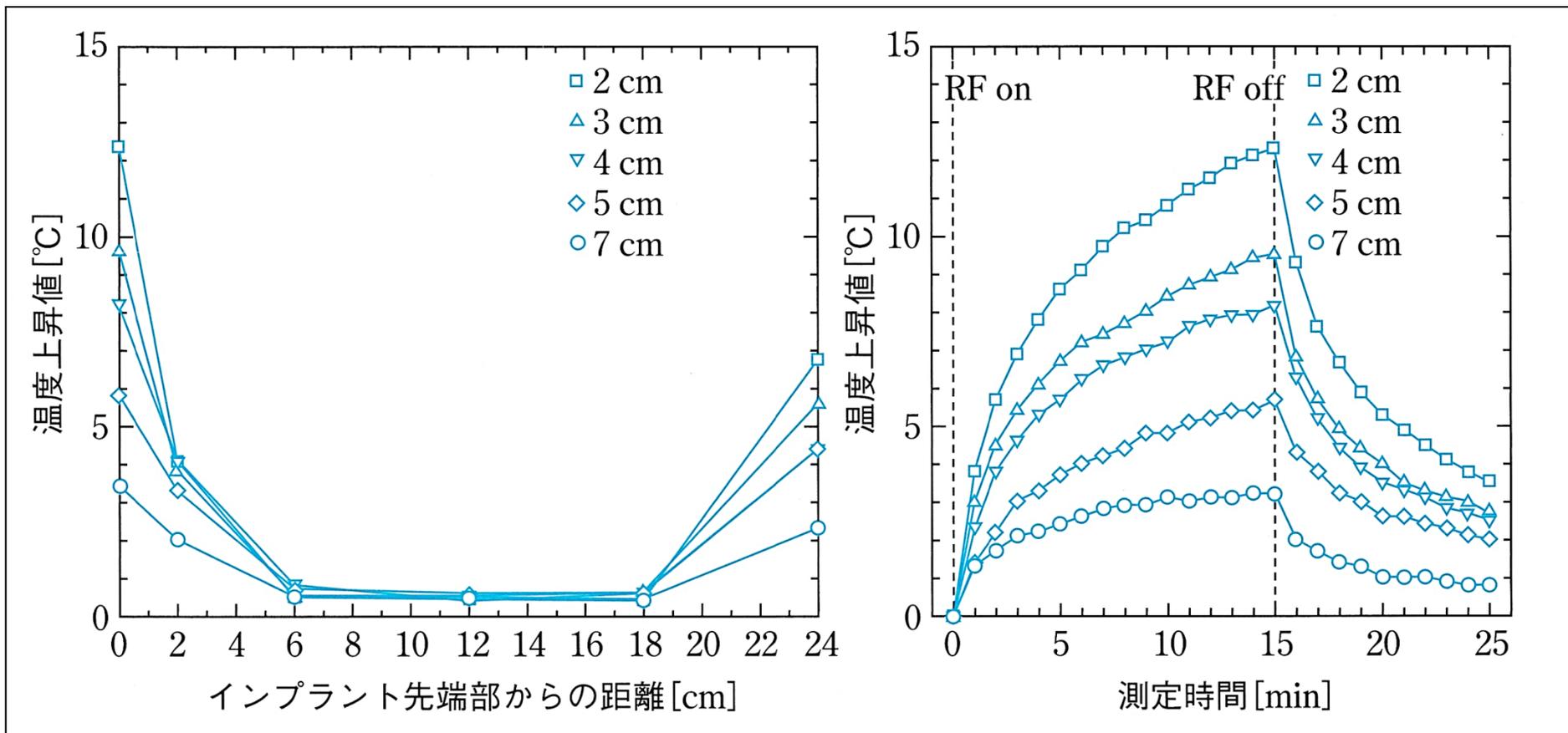
渦電流



温度マップ



インプラントの深さによる発熱



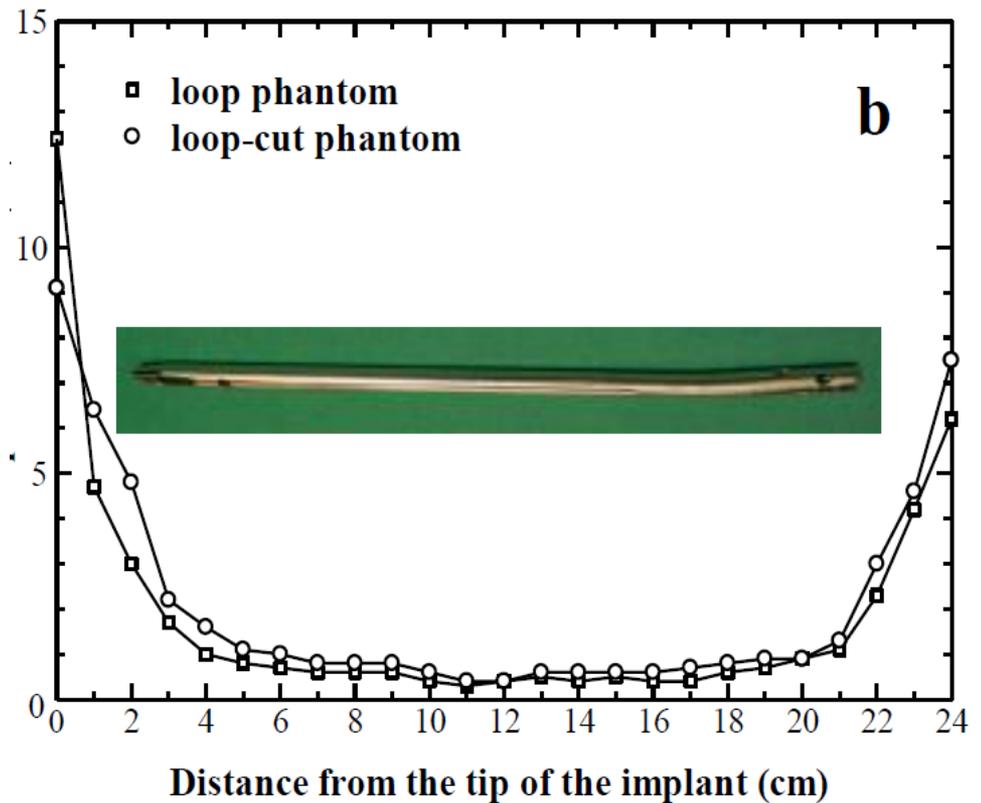
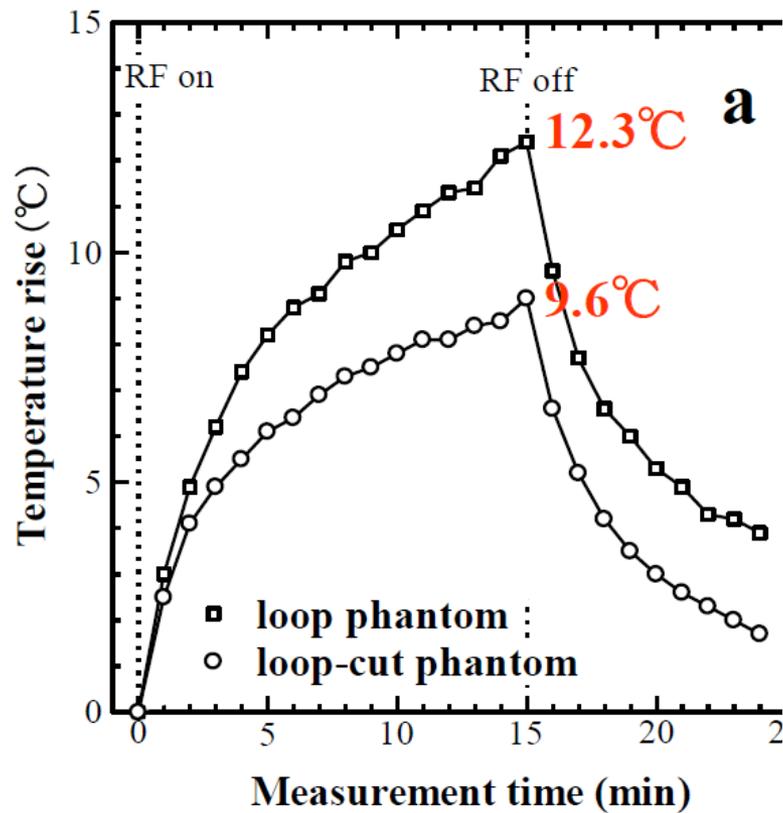
上腕骨インプラントの発熱実験



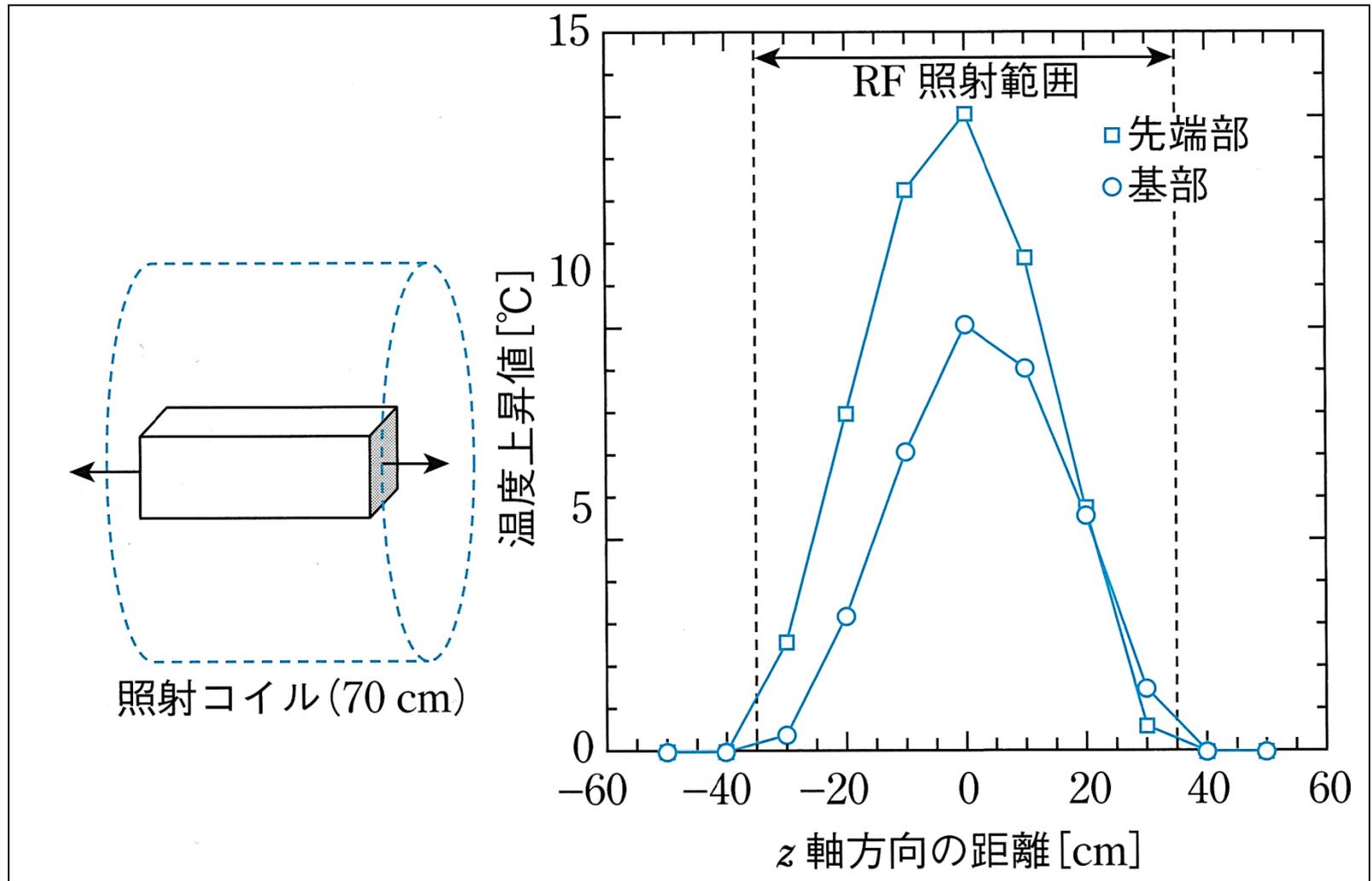
オーステナイト系ステンレス 24cm長, 1cmφ
MD/N上腕骨用ネイル(ASTM F138)



インプラントの温度変化

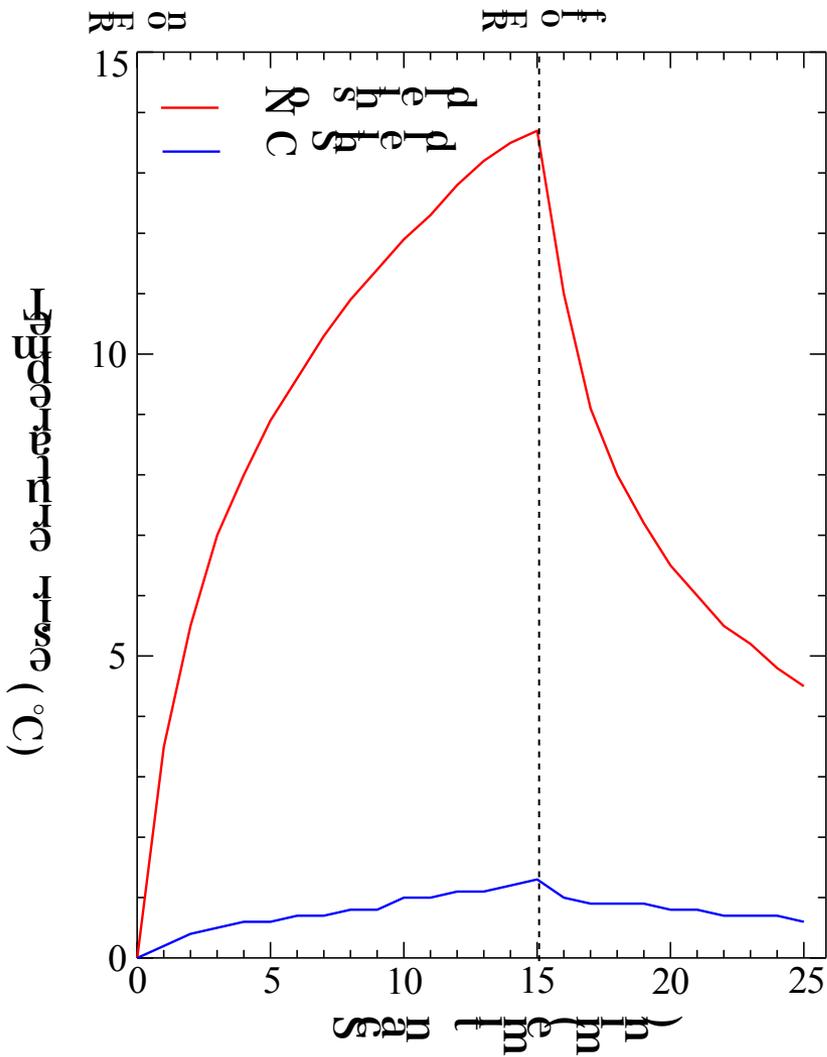


RFコイル内の位置 (Z軸) による発熱



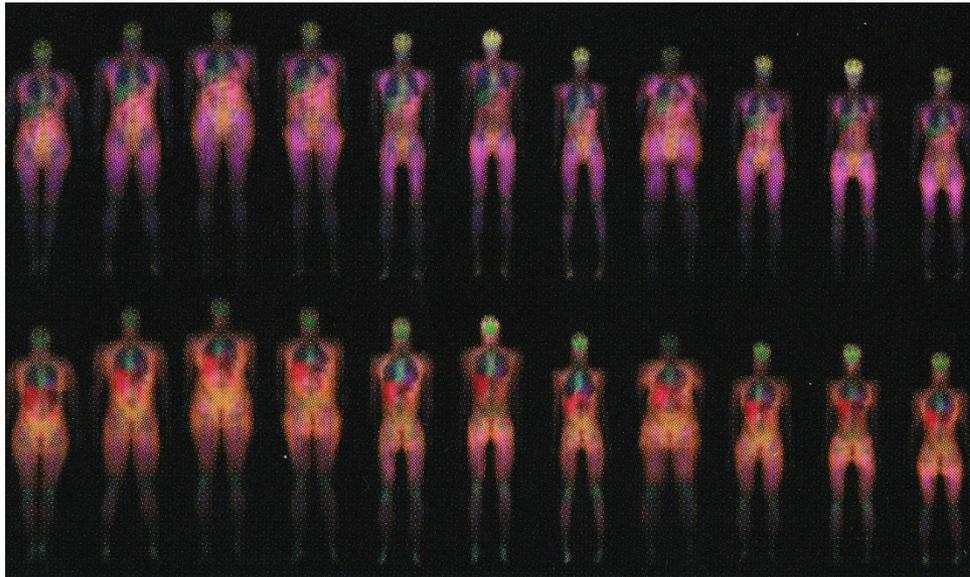
RFシールドによる発熱の抑制

RFシールドによる発熱抑制効果の検証



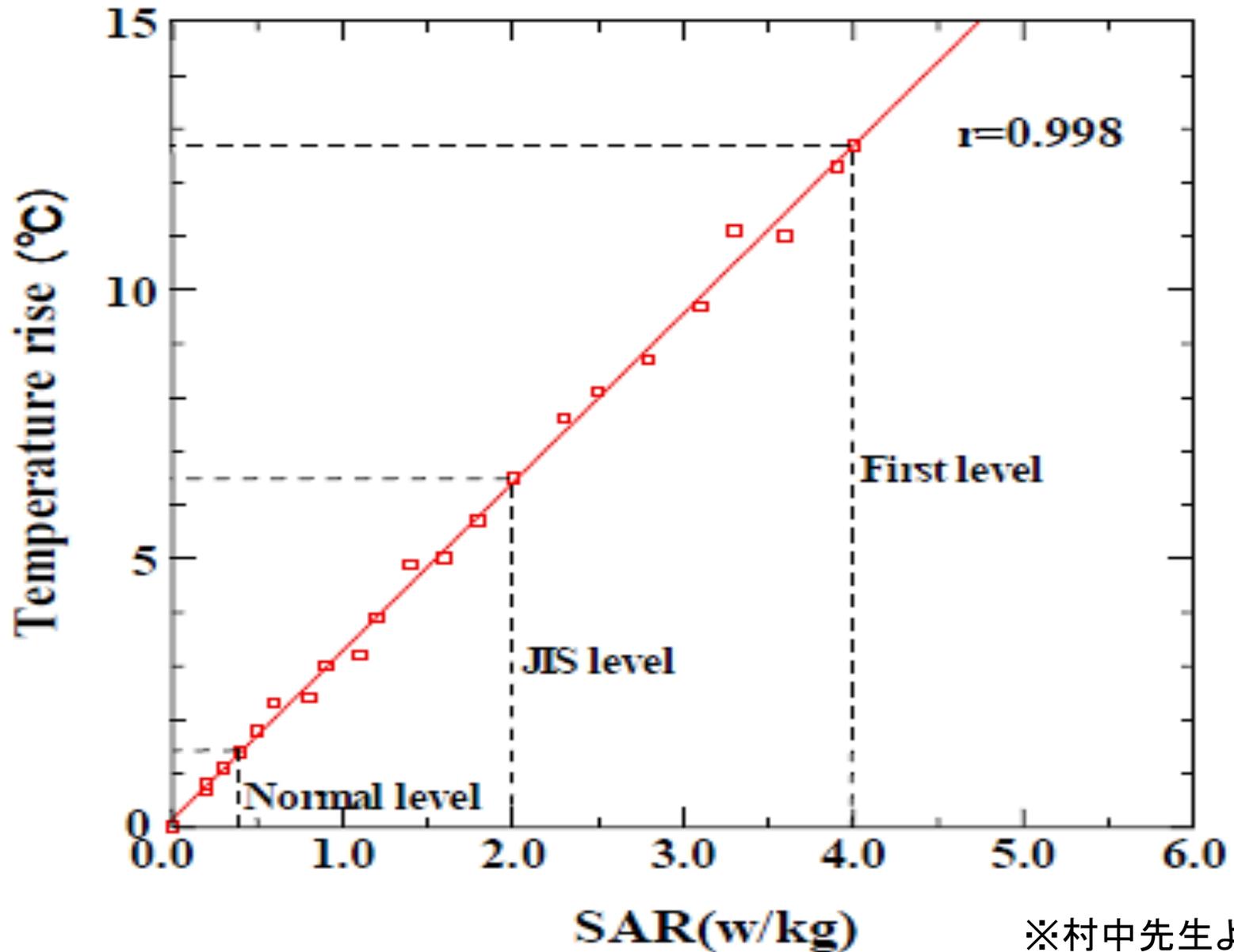
炭素繊維で覆う

MRIによるリードの発熱モデル



- ・2～97%をカバーする人体モデル
- ・40万以上の組み合わせでシミュレーション
- ・0.5Vの閾値上昇の確立を算出

SARと発熱の関係



※村中先生よりの資料

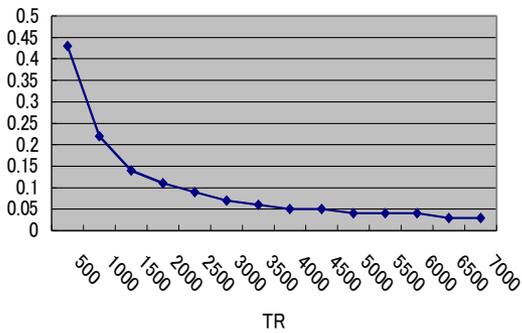
パルスシーケンスとSARの関係

以下の撮像条件下でどのパラメータがSARに関与しているのか検討した。

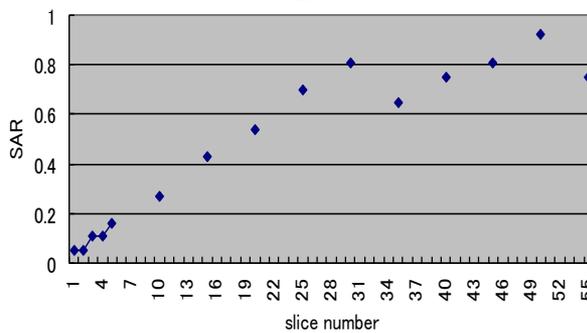
(T2W/MS/TSE)

- TR/ 4000ms(500ms～7000ms)
- TE /100ms (10ms～500ms)
- TSEfactor 3 (3～27)
- slice枚数 1(1～55)
- スライス厚 10mm(0.5mm～300mm)
- FOV 300mm(20mm～530mm)
- matrix 256(128～1024)
- flip 90 (10～130)
- REST(0～4)

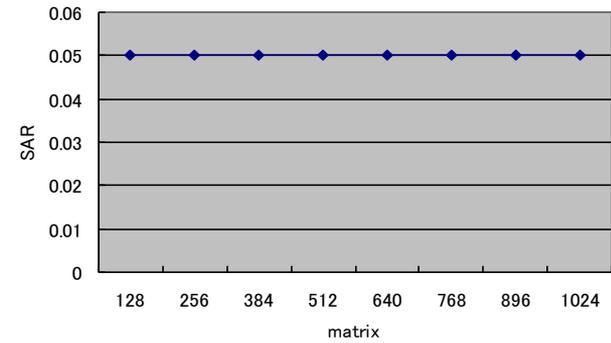
TRの影響



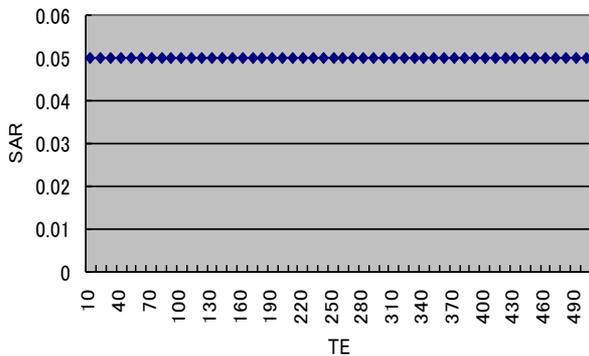
slice numberの影響



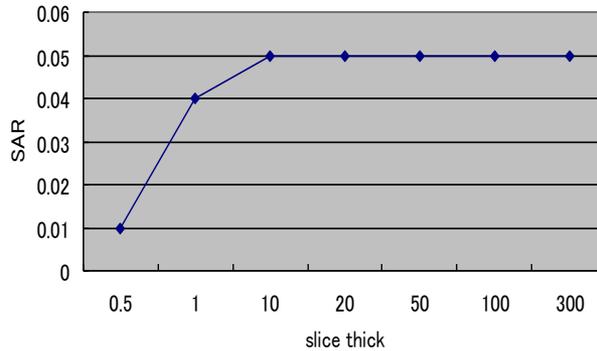
matrixの影響



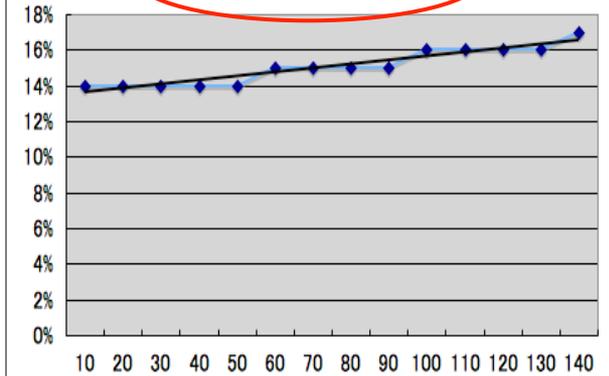
TEの影響



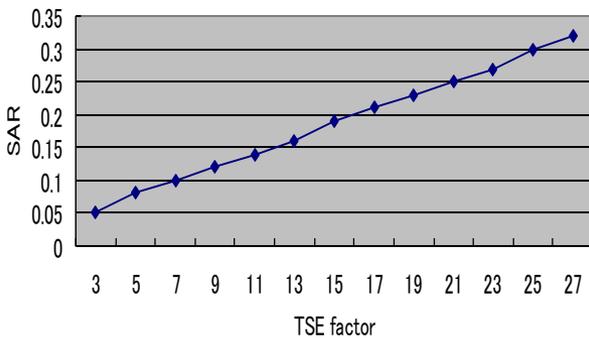
slice thickの関係



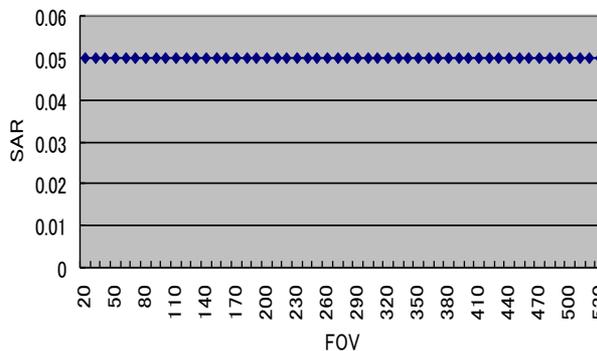
Flip Angle



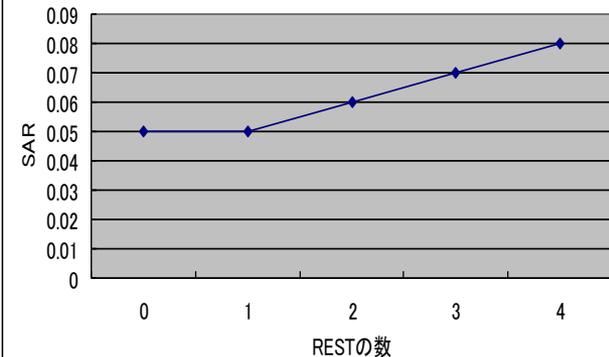
TSE factorの影響



FOVの影響



RESTの影響



パラメータを変更すると SARが変化するもの

- TR
- slice枚数
- TSE factor (ETL)
- slice厚
- Flip Angle
- Refocus Pulse
- REST(presaturatoin pulse)
- SPIR(選択的脂肪抑制)
- PROSET(選択励起技術)
- MTC

パラメータを変更しても SARが変化しなかったもの

- TE
- FOV
- RectangularFOV
- matrix
- NSA
- BAND width

MR検査に対するデバイスの安全性



MR Safe

- ・非磁性、非導電性
- ・プラスチック
- ・ステント、コンタクトレンズ



MR Conditional

- ・受動的・能動的試験
- ・条件付きMRI対応
- ・ペースメーカー、人工内耳
- ・神経刺激システム



MR Unsafe

- ・磁性、導電性
- ・EMC (イミュニティ)
- ・EZクリップ、神経刺激

条件付きMRI対応デバイス

- ペースメーカー、除細動器
 - 3T対応PM:ボストン・サイエンティフィック
 - 設定条件により撮像領域が異なるICD:
セントジュードメディカル
- 神経刺激システム:メトロニック
 - 脊髄刺激 (SCS)
 - 脳深部刺激(DBS)
- 人工内耳 (1.5T, 3.0T)
 - デバイスの固定 (1.5T):メドエル社
 - 磁石の取り外し (3.0T) :コクレア社

条件付きMRI対応デバイス

- ペースメーカー、除細動器
 - 3T対応PM:ボストン・サイエンティフィック
 - 設定条件により撮像領域が異なるICD:
セントジュードメディカル
- 神経刺激システム:メドトロニック
 - 脊髄刺激 (SCS)
 - 脳深部刺激(DBS)
- 人工内耳 (1.5T, 3.0T)
 - デバイスの固定 (1.5T):メドエル社
 - 磁石の取り外し (3.0T) :コクレア社

ボストン・サイエンティフィック社製 条件付きMRI対応機種組み合わせ表

ペースメーカー本体とリードの組み合わせ		撮像条件 対応するMRI装置および仕様詳細
ペースメーカー	アコレード MRI [22700BZX00334000] L310 / L311 / L331	静磁場強度 3Tおよび1.5T使用可 RF磁場 128MHz/64MHz MRI装置仕様 水平磁場方式、水素原子核(プロトン)、トンネル型ガントリ 最大空間勾配 50T/m (5000G/cm) ペースメーカーシステム植込み部位 最大勾配スルーレー 一軸あたり200T/m/s以下 比吸収率 SAR(全身) ≤4.0W/kg(通常操作モード、または第一次水準管理モード) 比吸収率 SAR(頭部) ≤3.2W/kg(通常操作モード、または第一次水準管理モード)
リード	インジェヴィティ [22700BZX00336000] 7731 / 7732 / 7735 / 7736 インジェヴィティ AFx [22700BZX00335000] 7740 / 7741 / 7742	
ペースメーカー	インジェニオ MRI [22500BZX00515000] J175 / J176 / J177	静磁場強度 1.5Tのみ使用可 RF磁場 64MHz MRI装置仕様 水平磁場方式、水素原子核(プロトン)、トンネル型ガントリ 最大空間勾配 50T/m (5000G/cm) ペースメーカーシステム植込み部位 最大勾配スルーレー 一軸あたり200T/m/s以下 比吸収率 SAR(全身) ≤4.0W/kg(通常操作モード、または第一次水準管理モード) 比吸収率 SAR(頭部) ≤3.2W/kg(通常操作モード、または第一次水準管理モード)
リード	インジェヴィティ [22700BZX00336000] 7731 / 7732 / 7735 / 7736 インジェヴィティ AFx [22700BZX00335000] 7740 / 7741 / 7742	
ペースメーカー	アコレード MRI [22700BZX00334000] L310 / L311 / L331 インジェニオ MRI [22500BZX00515000] J175 / J176 / J177	静磁場強度 1.5Tのみ使用可 RF磁場 64MHz MRI装置仕様 水平磁場方式、水素原子核(プロトン)、トンネル型ガントリ 最大空間勾配 50T/m (5000G/cm) ペースメーカーシステム植込み部位 最大勾配スルーレー 一軸あたり200T/m/s以下 比吸収率 SAR(全身) ≤2.0W/kg(通常操作モード) 比吸収率 SAR(頭部) ≤3.2W/kg(通常操作モード)
リード	ファインライン II PU [21200BZY00191000] 4371 / 4372 / 4369 / 4370 4456 / 4457 / 4479 / 4480 430-35S-52 / 430-35S-58 / 432-35S-45 / 432-35S-52 ファインライン II EZ PU [21200BZY00143000] 4375 / 4376 / 4377 4469 / 4470 / 4471 438-35S-45 / 438-35S-52 / 438-35S-58 ファインライン II ステロックス [21200BZY00141000] 4373 / 4374 4458 / 4459 430-25S-52 / 430-25S-58 ファインライン II ステロックス EZ [21200BZY00142000] 4378 / 4379 / 4380 4472 / 4473 / 4474 438-25S-45 / 438-25S-52 / 438-25S-58	

MRI患者カード

患者が携帯する「条件付MRI対応植込み型機器カード」表面(下図 赤枠)に以下の記載があります。

- 対応するMRI装置(3T/1.5T MRI 対応、または 1.5T MRI 対応)
- 植込み型機器の種類(ペースメーカーなど)

表面

条件付MRI対応植込み型機器カード		Boston Scientific	
<div style="border: 2px solid red; height: 20px; width: 100%;"></div>			
患者氏名:	_____		
緊急連絡先:	_____		
植込病院:	_____		
病院連絡先:	_____		
	診療科名:	_____	
	モデル番号	製造番号	植込み日
本体			
心房リード			
右心室リード			
左心室リード			

裏面

重要な注意事項

- ・本カードは常に携帯し、MRI検査の指示を受けた際に必ず提示してください。
- ・MRI検査の前に必ず植込み型機器管理医を受診してください。検査前に設定の変更が必要です。
- ・MRI検査ができない場合がありますので、植込み型機器管理医にお尋ねいただくか下記専用ウェブサイトでご確認ください。

患者様、MRI検査に係る医療従事者の皆様

- ・本カードは植込み型機器本体および併用リードがボストン・サイエンティフィック社製条件付MRI対応製品であることを証明するものです。
- ・検査可能施設に関しては下記専用ウェブサイトでご確認ください。
- ・条件付MRI対応植込み型機器に関する情報は下記専用ウェブサイトでご確認いただくか、下記専用ダイヤルにお問い合わせください。



お問合せ窓口

患者様用 ☎ **0120-953-670**
受付時間: 月曜日から金曜日9時~17時(年末年始および祝日を除く)

医療従事者用 ☎ **0120-992-707**
受付時間: 24時間(土日祝日、夜間は緊急コールセンターにつながります)

専用ウェブサイト
www.imageready.jp

ボストン・サイエンティフィック ジャパン株式会社
PSSST20131205-0875

「診療報酬の算定方法の一部改正に伴う実施上の留意事項について」等の一部改正について

保医発0928第1号

平成24年9月28日

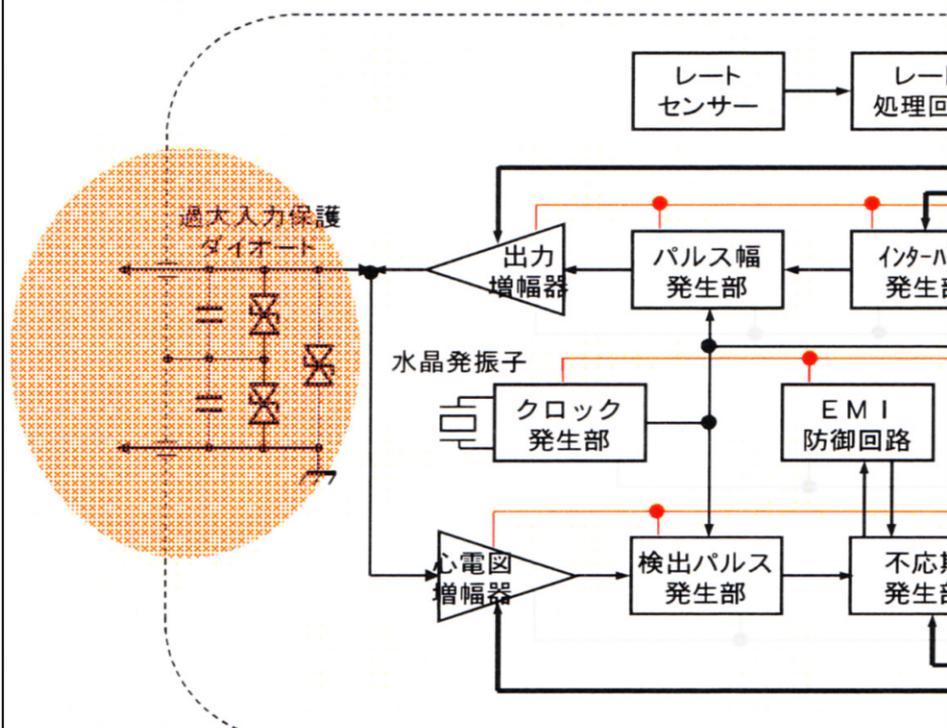
「診療報酬の算定方法の一部改正に伴う実施上の留意事項について」
(平成24年3月5日保医発0305第1号)の一部改正について

- 1 別添1の第2章第4部第3節E202に次のように加える。
 - (9) MRI対応型ペースメーカーを植え込んだ患者に対してMRI撮影を行う場合、別に厚生労働大臣が定める施設基準に加えて、日本医学放射線学会、日本磁気共鳴医学会、日本不整脈学会が定める「MRI対応植込み型デバイス患者のMRI検査の施設基準」を満たす保険医療機関で行うこと。
 - (10) MRI対応型ペースメーカーを植え込んだ患者に対してMRI撮影を行う場合は、患者が携帯している当該機器を植え込んでいることを示すカード(製造販売業者が発行する「条件付きMRI対応ペースメーカーカード」)を確認し、そのカードの写しを診療録に貼付すること。

リードの発熱対策

• フィルタリング・キャパシタ

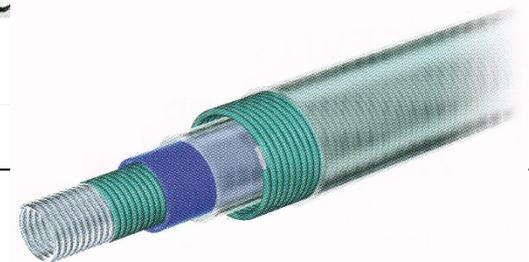
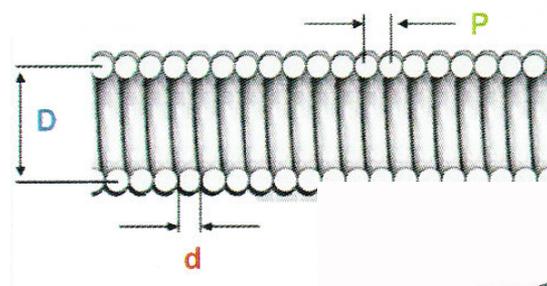
リード端から誘導 放散され



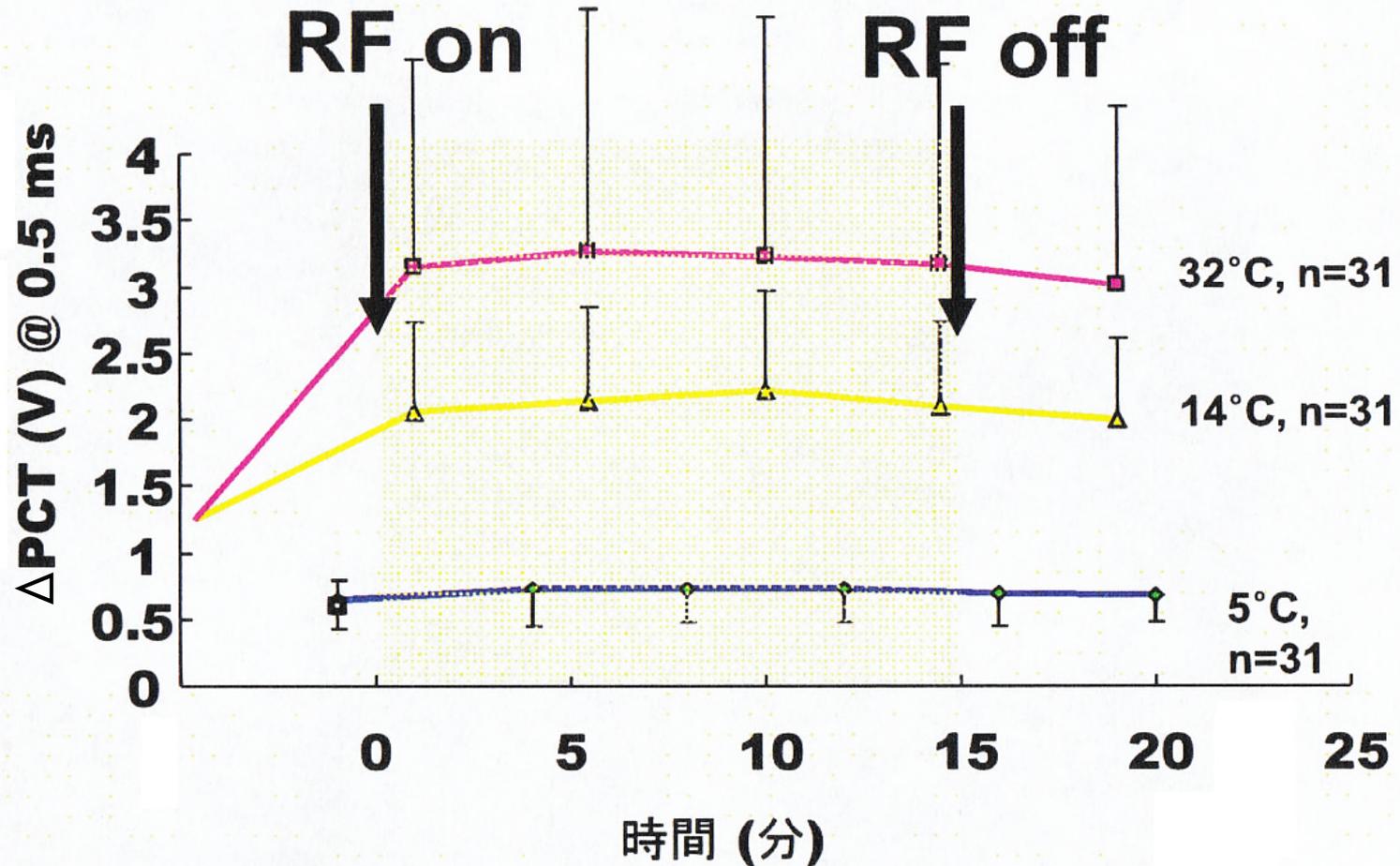
• 内部伝導コイルの変更

- 1、ワイヤを太く
- 2、ピッチを狭く
- 3、直径を小さく
- 4、高いインダクタンス

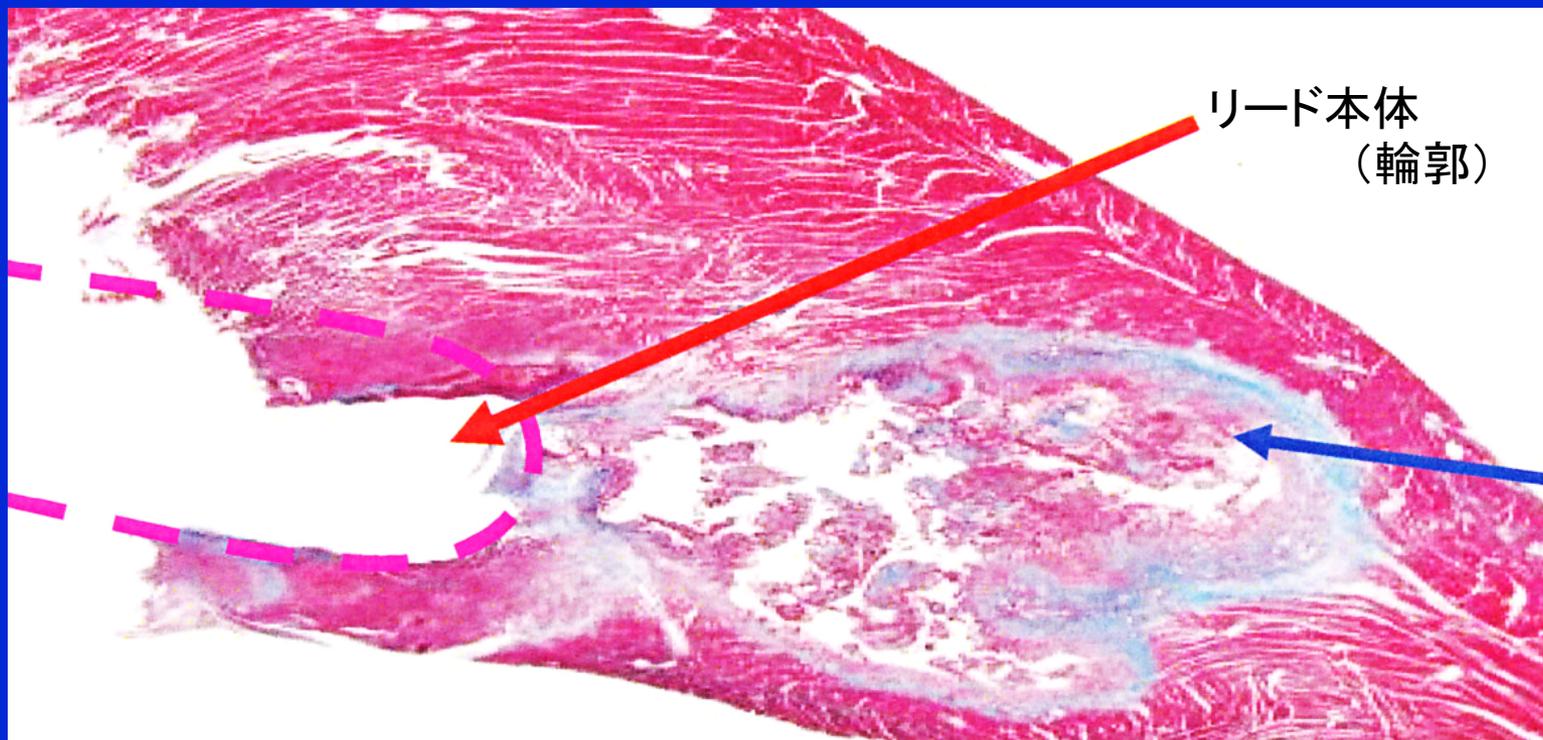
$$\Phi = LI$$



リード発熱試験とペーシング閾値(PCT)

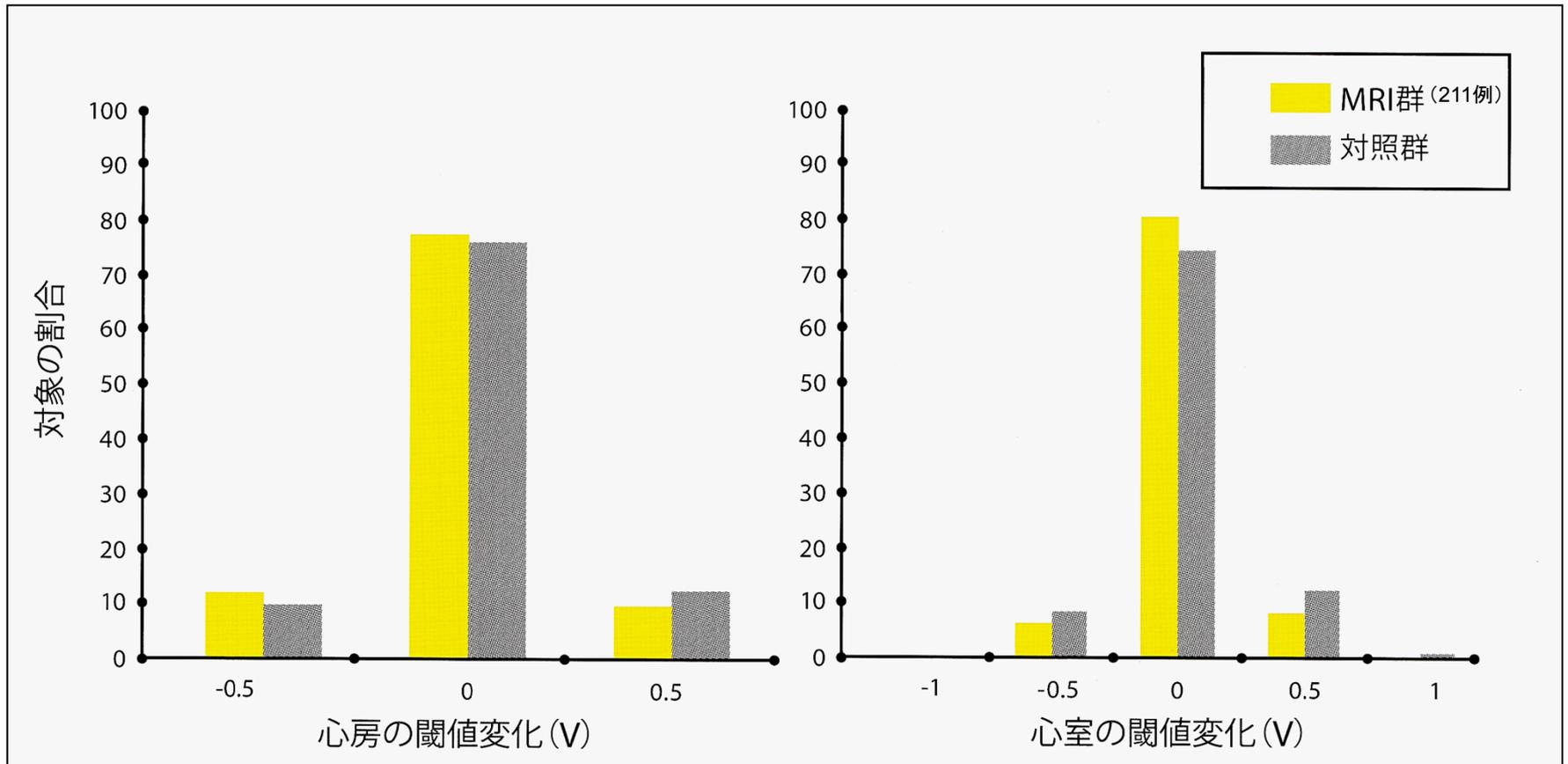


MR検査による心筋の焼却



組織損傷

ペーシング閾値の変動



※ メドトロニック社: 他施設ランダム化比較試験 (464例)

セントジュードメディカルICD MRI検査条件

・条件付きMRI対応ICD: Ellips

- MRI設定時はICDの頻拍治療は無効になることは確認済である
- 体外式除細動器の準備をした
- 撮像中の血行動態モニタリングの準備(心電図・非観血的血圧測定・その他)をした
- 撮像時間が30分未満であることを確認した
- ペーシングOFFの場合、アイソセンタの配置は条件なし(全身撮像可)であることを確認した
- ペーシングON(DOO、VOO、AOOのいずれか)の場合、アイソセンタの配置は眼部より上位、又は第2腰椎(L2)より下位であることを確認した
- 一軸あたりの最大勾配スルーレートが 200 T/m/s 以下,最大空間傾斜 30T/m/s
- 全身 SAR 2.0 W/kg以下、頭部SAR 3.2W/kg 以下
- ローカル送信/受信コイル及びローカル送信専用コイルが頭部・下肢(臀部を除く)・手首である
- ここまでのすべてのチェックBOXの確認が完了している
- プログラマでMRI設定を有効化モードにした
- プログラマによるMRIレポートの印刷(MRI設定有効化後)

ペーシング (センシング) 異常

- ・オーバーセンシング
- ・アンダーセンシング

※ Luechinger R et al : European Heart J. 2005, 26:376-383

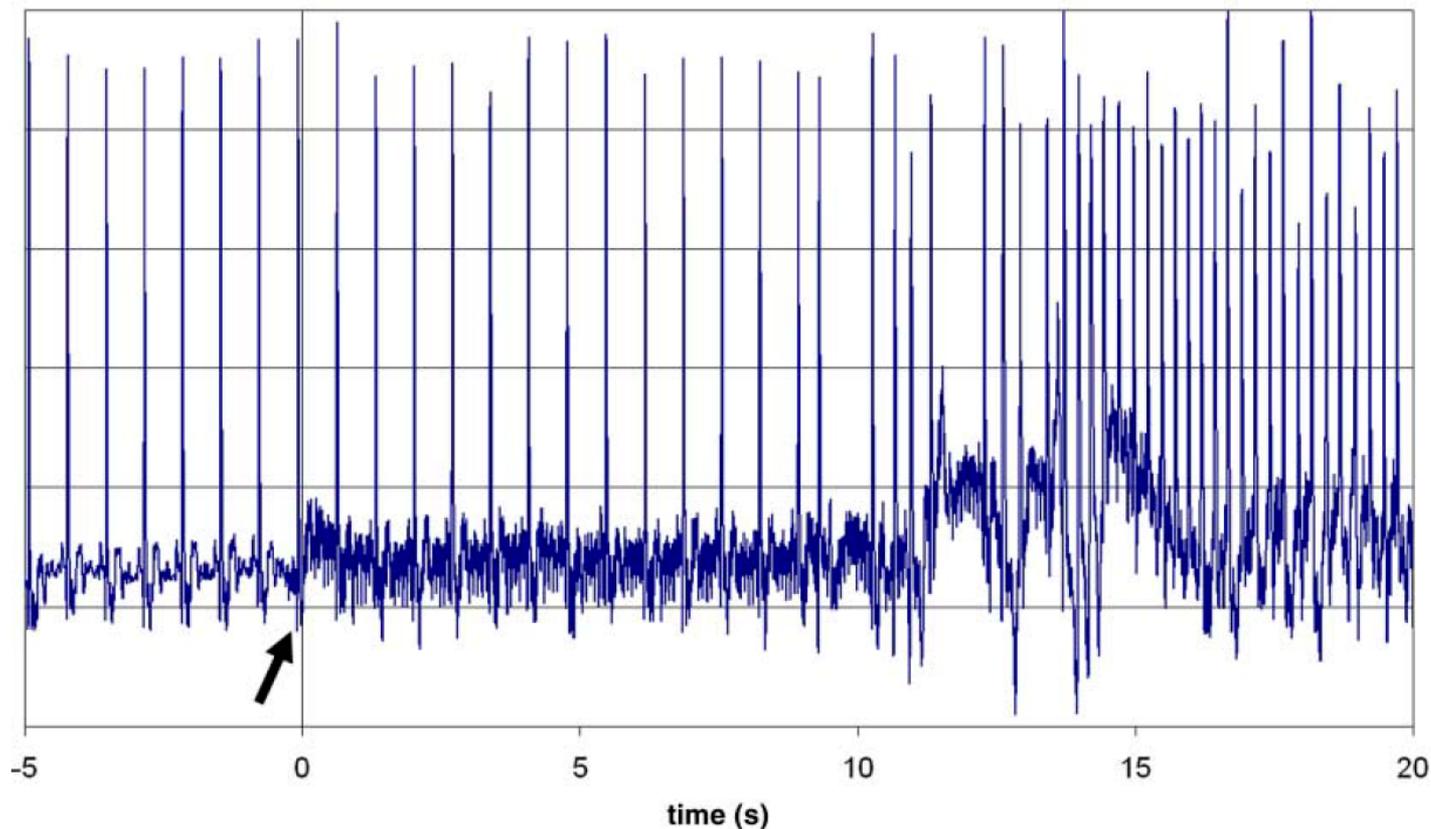


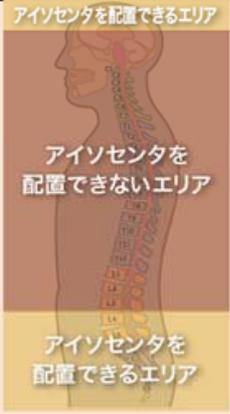
Figure 3 ECG recording of the MRI unit of Animal 1. The MRI scan starts at time-point zero (arrow), seen in the increased noise induced by the RF and gradient fields of the MRI unit. After about 10-15 s a regular tachycardia at 240 b.p.m. was observed. Within a few seconds after the scan (not shown) the heart rate was stable at 85 b.p.m.

セントジュードメディカルICD MRI検査条件

・条件付きMRI対応ICD: Fortify Assura

- MRI設定時はICDの頻拍治療は無効になることは確認済である
- 体外式除細動器の準備をした
- 撮像中の血行動態モニタリングの準備(心電図・非観血的血圧測定・その他)をした
- 撮像時間が30分未満であることを確認した
- ペーシングOFFの場合、アイソセンタの配置は眼部より上位、又は第2腰椎(L2)より下位であることを確認した
- ペーシングON(DOO、VOO、AOOのいずれか)の場合、アイソセンタの配置は眼部から10cmかそれより上位、又は第4腰椎(L4)より下位であることを確認した
- 一軸あたりの最大勾配スルーレートが 200 T/m/s 以下,最大空間傾斜 30T/m/s
- 全身 SAR 2.0 W/kg以下、頭部SAR 3.2W/kg 以下
- ローカル送信/受信コイル及びローカル送信専用コイルが頭部・下肢(臀部を除く)・手首である
- ここまでのすべてのチェックBOXの確認が完了している
- プログラマでMRI設定を有効化モードにした
- プログラマによるMRIレポートの印刷(MRI設定有効化後)

セントジュードメディカルICD MRI検査条件一覧

ICD	Ellipse / Ellipse Limited ^{*1}		Fortify Assura ^{*2}		
モード	ペーシングoff	AOO/VOO/DOO	ペーシングoff	AOO/VOO/DOO	
心房リード	Tendril MRI ^{*3} または「なし」or「ピンプラグ」		Tendril MRI, Tendril STS ^{*4} 「なし」or「ピンプラグ」		
心室リード	Durata ^{*5} /Optisure ^{*6}				
撮影可能部位	全身	パーシャル			
	条件1	条件2	条件3		
アイソセンターの配置	 <p>制限なし</p> <p>全身</p>	 <p>アイソセンタを配置できるエリア</p> <p>アイソセンタを配置できないエリア</p> <p>アイソセンタを配置できるエリア</p> <p>眼部より上位又は第2腰椎 (L2) より下に配置する事</p>	 <p>アイソセンタを配置できるエリア</p> <p>アイソセンタを配置できないエリア</p> <p>アイソセンタを配置できるエリア</p> <p>眼部から10cm上位以上又は第4腰椎 (L4) より下に配置すること</p>		
全身SAR	≦2.0W/kg				
頭部SAR	≦3.2W/kg				
最大Slew rate	≦200T/m/s				
最大空間傾斜	30T/m				
撮像時間	MRI検査1回あたりの累積撮像時間が30分を超えないこと MRI検査終了後、30分経過するまで続いたのMRI検査を実施しないこと				

条件付きMRI対応デバイス

- ペースメーカー、除細動器
 - 3T対応PM:ボストン・サイエンティフィック
 - 設定条件により撮像領域が異なるICD:
セントジュードメディカル
- 神経刺激システム:メトロニック
 - 脊髄刺激 (SCS)
 - 脳深部刺激(DBS)
- 人工内耳 (1.5T, 3.0T)
 - デバイスの固定 (1.5T):メドエル社
 - 磁石の取り外し (3.0T) :コクレア社

脊髄刺激システム(SCS)のMRI撮像の注意事項

治療法	販売名	モデル番号	MR撮像	静磁場強度/ MRIタイプ	最大空間傾斜	RFコイル	平均SAR または B1+rms	スルーレート	神経刺激装置の設定	システムの状態
SureScan®	リストアセンサー SureScan MRI	97714	条件付 全身 MRI対応	1.5 T トンネル型	19 T/m	送受信型頭部用 クワドラチャRFコイル、 送受信型全身用 クワドラチャRFコイル 及びすべての受信用コイル			MRI-CSモード	マイスティム表示：  (⇒)  全身MRI適合*
	プライムアドバンスト SureScan MRI	97702								
脊髄刺激療法 ¹⁾	リストアセンサー	37714	併用注意	1.5 T トンネル型	19 T/m	送受信型頭部用 RFコイル	通常操作 モード	200 T/m/s 以下	刺激オフ	植込み構成品が 頭部用コイルに 重ならないこと
	プライムアドバンスト	37702								
	シナジーニューロスティミュレータ	7427 7427V								
	アイトレル3	7425	併用禁忌				該当しない			

メドトロニック

脳深部刺激システム(DBS)のMRI撮像の注意事項

治療法	販売名	モデル番号	MR撮像	静磁場強度/MRIタイプ	最大空間傾斜	RFコイル	平均SARまたはB1+rms	スルーレート	神経刺激装置の設定	システムの状態
脳深部刺激療法 ¹⁾	アクティバ SC	37603	条件付全身MRI対応	1.5 T トンネル型	19 T/m	送受信型頭部用クワドラチャRFコイル、送受信型全身用クワドラチャRFコイル及びすべての受信用コイル	B1+rms: 2.0 μ T以下 または SAR: 0.1W/kg以下	200 T/m/s 以下	バイポーラの場合: 刺激オン または 刺激オフ	導線の破損がないこと ポケットアダプタがないこと ²⁾
	アクティバ RC	37612							モノポーラの場合: 刺激オフ	
	アクティバ SC	37602	併用注意			送受信型頭部用RFコイル	SAR: 0.1W/kg以下		刺激オフ	導線の破損がないこと
	アイトレル II (ソレトラ)	7426				刺激オフ かつ バイポーラ、出力0V				

メドトロニック

MR検査条件の確認

T2強調画像

Total scan duration	01:59.0
Rel. signal level (%)	100
Act. TR (ms)	3500
Act. TE (ms)	120
ACQ voxel MPS (mm)	0.57 / 0.73 / 5.00
REC voxel MPS (mm)	0.45 / 0.45 / 5.00
Scan percentage (%)	78.7
Packages	2
Min. slice gap (mm)	5
WFS (pix) / BW (Hz)	1.052 / 412.7
Full flow comp.	yes
TSE es / shot (ms)	8.3 / 174
TEeff / TEequiv (ms)	120 / 107
Min. TR (ms)	2470
SAR / head	< 71%
Whole body / level	< 0.2 W/kg / normal
B1 rms	1.96 uT
PNS / level	60% / normal
Sound Pressure Level (...)	17.9

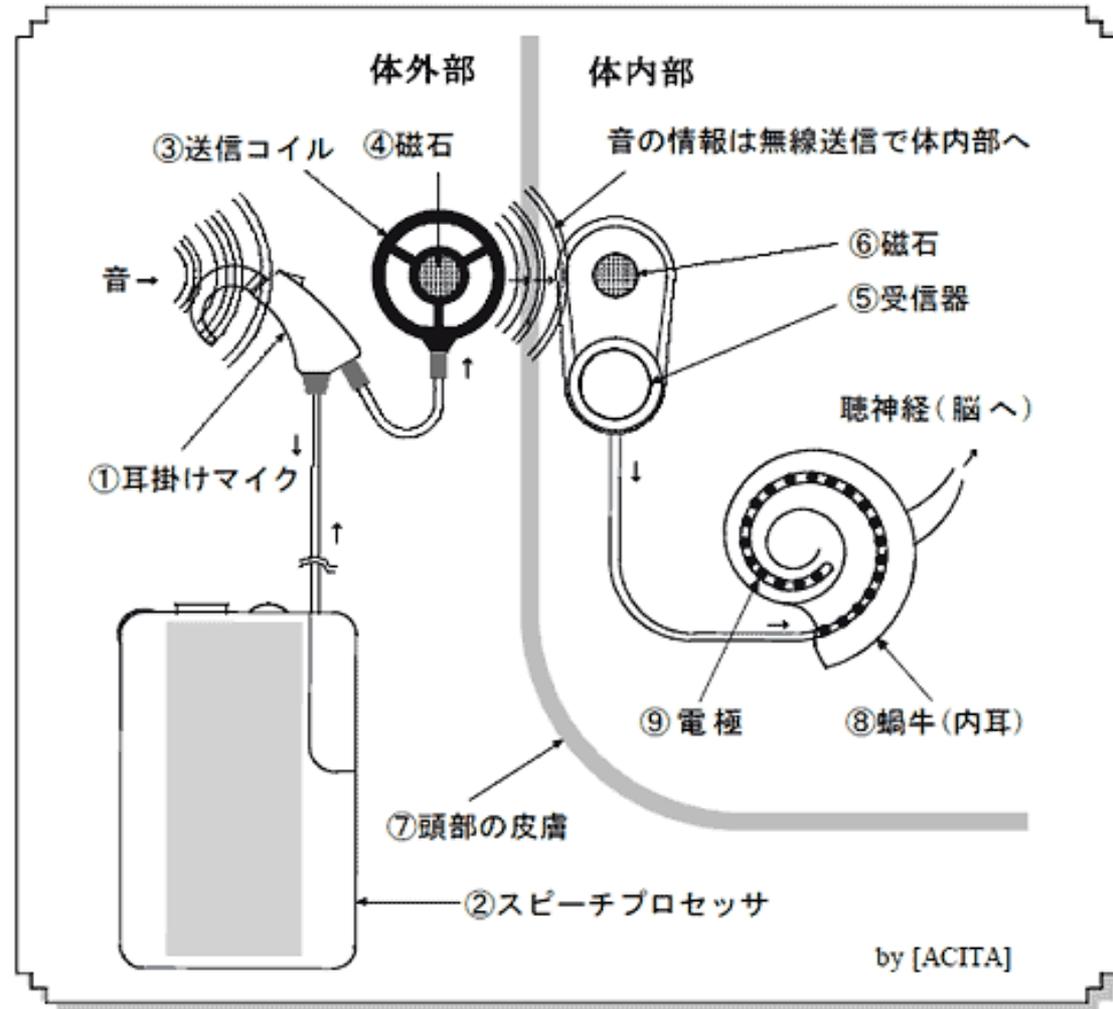
MRA(time of flight法)

Total scan duration	05:11.9
Rel. signal level (%)	100
Act. TR/TE (ms)	25 / 3.5
ACQ voxel MPS (mm)	0.33 / 0.64 / 1.10
REC voxel MPS (mm)	0.25 / 0.25 / 0.55
Scan percentage (%)	51.1
Packages	5
Act. WFS (pix) / BW (Hz)	2.007 / 216.4
Min. WFS (pix) / Max. B...	1.000 / 434.2
Min. TR/TE (ms)	16 / 2.3
SAR / head	< 64%
Whole body / level	< 0.1 W/kg / normal
B1 rms	1.87 uT
PNS / level	83% / 1st level
Sound Pressure Level (...)	16.5

条件付きMRI対応デバイス

- ペースメーカー、除細動器
 - 3T対応PM:ボストン・サイエンティフィック
 - 設定条件により撮像領域が異なるICD:
セントジュードメディカル
- 神経刺激システム:メドトロニック
 - 脊髄刺激 (SCS)
 - 脳深部刺激(DBS)
- 人工内耳 (1.5T, 3.0T)
 - デバイスの固定 (1.5T):メドエル社
 - 磁石の取り外し (3.0T) :コクレア社

人工内耳の構造



(PMDAモデル社承認添付書類より)

(人工内耳友の会HPより)

人工内耳装着者のMR画像

インプラント装着者が磁石を付けた状態で受けた 1.5 Tの MR 画像インプラントの磁石により、画像に大きくアーチファクトが生じている。

インプラント装着者が磁石を取り外した状態で受けた 1.5 Tの MRI画像。アーチファクトが著しく減少した。

(コクレア社 インプラントHPより)



まとめ

1. デバイスが受ける、静磁場、傾斜磁場、RF磁場の3つの磁場を示した。
2. RF(回転)磁場による体内デバイスの発熱の原理などを解説した。
3. 条件付きMRI対応デバイスの最近の話題を紹介した。