

一般社団法人日本画像医療システム工業会規格

JESRA TR-0027 * A⁻²⁰¹⁴

制 定	2008年	12月	1日
改 正	2014年	3月	5日
図 2.1 修正	2014年	9月	5日

MR施設の漏えい磁場測定マニュアル

Instruction manual for measurement of magnetic leakage field from MR facilities

一般社団法人 日本画像医療システム工業会
標準化部会 標準化委員会
サイト設備設計G (WG-7113)

目次

1.	目的と適用範囲	
1.1	目的	1
1.2	適用範囲	1
2.	測定器の選択	1
3.	測定器の管理	3
4.	MR施設における磁気シールドの留意点	
4.1	性能条件の設定	4
4.2	シールドルームの設計	4
4.3	磁気シールドルームの特質	4
4.4	漏えい磁場の測定点	6
5.	立入制限区域について	
5.1	立入制限区域の定義	6
5.2	磁束密度:0.5 mT(500 μ T)について	6
5.3	立入制限区域境界の安全管理	6
5.4	MR施設のゾーン分割と測定区域	7
6.	磁場の影響を受ける機器について	8
7.	実際の測定	
7.1	隣室における測定	9
7.2	上下階における測定	11
7.3	磁束密度:0.5 mT(500 μ T)位置の測定	13
8.	測定結果の記録・保存	14
9.	測定者について	14
10.	付録	
	MR検査室漏えい場測定記録書 作成例	15
	MR検査室漏えい場測定結果書 作成例	16
	MR検査室漏えい場測定記録書 記入要領	17
	MR検査室漏えい場測定結果書 記入要領	17
	MR検査室漏えい場測定位置図 作成例-1	18
	MR検査室漏えい場測定位置図 作成例-2	19
	MR検査室漏えい場測定位置図 作成例-3	20
	MR検査室漏えい場測定位置図 作成例-4	21
	MR検査室漏えい場測定位置図 作成例-5	22
	磁束密度 0.5 mT(500 μ T)位置測定結果書 作成例	23
	磁束密度 0.5 mT(500 μ T)位置測定結果書 記入要領	24
	磁束密度 0.5 mT(500 μ T)位置測定位置図 作成例	25

序文

漏えい磁場測定の目的は、MR (MRIとも言う) 検査室の漏えい磁場が、性能条件(漏えい磁束密度の上限値とその位置)に適合している事の検証である。性能条件は、MR施設のプランニングやシールドルームの設計に関連するため、それらについての知識を得る必要がある。又、実際の漏えい磁場の分布は、MR装置から発する磁場の分布と同一にはならないので、その原因となる磁気シールドルームの特質について理解する必要がある。

漏えい磁場の測定方法(測定点の位置や測定器の種類及び固定方法等)は状況によって異なり難解であるが、立入制限区域境界における測定と磁場の影響を受ける機器に対する測定に分けて考えれば理解し易い。

磁場の強さを意味する用語は、**JIS Z 4951** において磁場強度と表記されているが、本マニュアルでは磁束密度という用語を用いて解説をする。[磁束密度 B の単位は T(テスラ)である]

1. 目的と適用範囲

1.1 目的

漏えい磁場測定の実作業における要点の他、立入制限区域や磁場の影響を受ける機器、磁気シールドルームの特質などの理解を促すことで、精確な測定の指針を示す。

1.2 適用範囲

MR施設における磁場測定は、

- a) 環境測定 (シールド施工の事前調査) ⇒ 交流磁場測定、直流変動磁場測定
- b) 漏えい磁場測定(シールド施工後の検証) ⇒ 直流磁場測定

に分ける事が出来るが、本マニュアルでは後者の直流磁場測定についてのみ記述する。

2. 測定器の選択

測定器(テスラメータ)の選択は、測定の目的、測定範囲(周波数、磁束密度)、分解能、信頼性(温度、電磁ノイズ等の影響)、可搬性などを考慮する必要がある。図 2.1 に示すように各磁気センサ方式の実用測定範囲(磁束密度)は周波数によって異なるので、その点に留意すれば選択肢を絞る事が出来る。

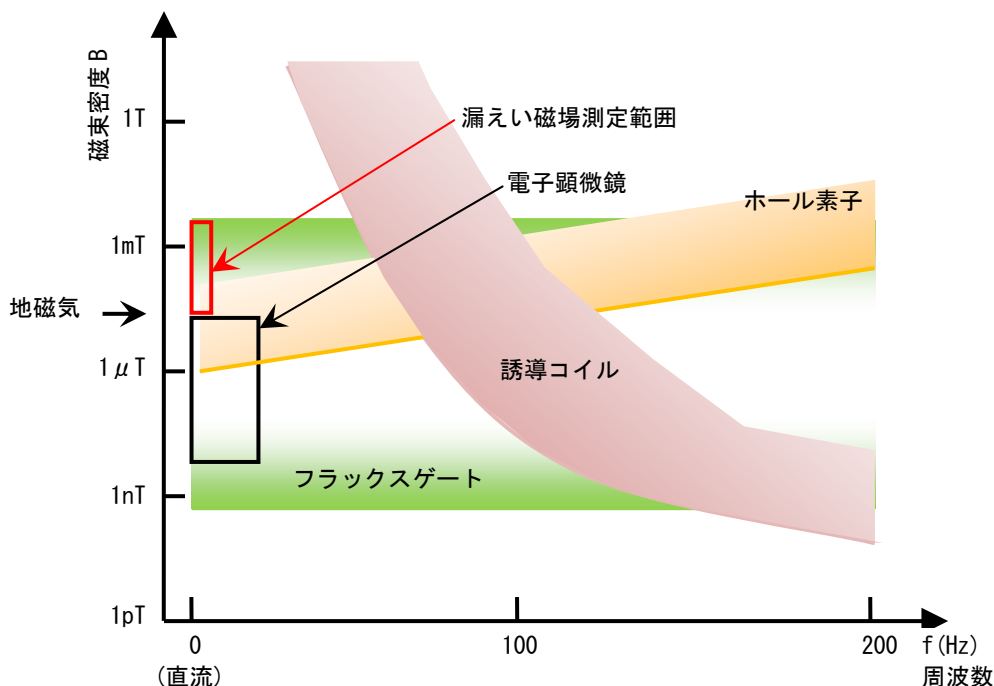


図 2.1 測定対象範囲と磁気センサ方式 (株)ディード・レポートより抜粋

(注) 図 2.1 はある種類の磁気センサが測定できる範囲の概略を示すものであり、メーカーや型式によって範囲は異なる。1つの磁気センサが図に示した全ての範囲を測定できる訳ではない。

測定器は、使用方法などが異なれば、同一の磁場に対して必ずしも同じ指示値を示すとは限らない。従って精確な測定を行なうためには、あらかじめ測定器の特性を熟知し、以下の要件を満たした測定器を使用する事が重要である。

- a) 測定点毎に三軸成分(x, y, z)が同時測定可能であること
- b) 適正に校正されていること
- c) 最小分解能が、測定対象となる磁束密度の 1/10 以下(1/50 以下を推奨)であること

MR装置を発生源とする漏えい磁場測定は、比較的弱い(0.1~0.5 mT 前後)直流磁場(静磁場)測定であるのでフラックスゲート方式やホール素子方式が適しているが、それらは用途によって使い分けると良い。

表 2.1 市販ガウスメーターの主な種類と特徴 (2014年5月現在)

磁気センサ方式 ^{a)}	フラックスゲート方式 (磁気発振方式)	ホール素子方式	誘導コイル方式 (サーチコイル方式)
0.5 mT 前後の 直流磁場測定 ^{b)}	○	○ ^{c)}	×
0.1 mT 前後の 直流磁場測定 ^{b)}	○	△ ^{d)}	×
交流磁場測定	○	○	○
分解能	○	△	△
市販装置の数	○	○	○
磁気センサの 測定原理	強磁性体に励磁コイルと誘起コイルを巻き、交流による励起信号を誘起電圧の飽和から磁束密度を求める。	直流電流を流した半導体素子に垂直方向に磁界をかけると電界が生じるホール効果を利用し、磁束密度を求める。	電磁誘導により磁束密度の時間的変化分に対応した誘起電圧を検出する。
長所 ^{e)}	・分解能に優れる ・温度ドリフト ^{f)} が小さい	・センサ形状が小さい	・回路が簡素 ・温度ドリフト ^{f)} が小さい
短所 ^{e)}	・センサ形状がやや大きい ・1 mT 以上の強磁場には不向き	・温度ドリフト ^{f)} がやや大きい	・直流磁場測定が出ない ・センサ形状が大きい
<p>注^{a)} 磁気センサ方式には、表 2.1 に掲載されている他に磁気抵抗方式、超電導量子干渉素子方式(SQUID)、核磁気共鳴(プロトン)方式、磁気インピーダンス素子方式(MIセンサ)、ウィーガントワイヤ方式等があるが、MR装置を発生源とする漏えい磁場にに適した測定器としては、ほとんど普及していないので詳細は省略する。磁気発振方式は、フラックスゲート方式と同じく強磁性磁気材料を用いた変換方式であり、構造が多少異なるが特徴や注意事項は同等である。</p> <p>注^{b)} 漏えい磁場測定に適した測定器の選択を目的としているため、実用測定範囲(磁束密度)を、0.5 mT 前後、0.1 mT 前後 の二つで比較した。磁気センサの測定範囲を示しているものではない。</p> <p>注^{c)} ホール素子方式のセンサにおいては、温度ドリフトの影響を避けるために、測定時にこまめにゼロ磁場調整を行なう必要がある。(3.測定器の管理を参照)</p> <p>注^{d)} 0.1 mT 前後の直流磁場測定において、ホール素子方式には測定に適さない市販機種が多いが、目安として最小分解能が5 μT(1/50)以下の機種であれば、0.1 mT 前後の測定にも十分適用出来る。</p> <p>注^{e)} 各磁気センサ方式における特徴や注意事項は、半導体からの出力値は温度に影響を受ける事や、磁性体は着磁され易い等、センサの原理に着目すれば理解し易い。</p> <p>注^{f)} 温度上昇によって直流電圧が変化する現象。トランジスタやダイオード等の半導体は、特性に $\text{Exp}(qV/KT)$ の因子があるので、信号出力の直流分が温度上昇に従ってゆっくり変化する。</p>			

3. 測定器の管理

精確な測定を行なうためには測定器の管理が重要であり、測定精度を確保するためには、定期的(2年以内を推奨)に実施する校正^{a)}と、毎回測定の直前に行うキャリブレーション^{b)}が必要である。なお、MR装置近傍での測定等により、センサが着磁(磁性材料が帯磁)してしまうと精確な測定が出来なくなるので、例えば他の測定器と測定値を比較するなどして、常に動作状態((着磁や故障の有無など)を注意しておく必要がある。

- 1) 使用測定器のメーカー名、機種名、製造番号、校正年月日を記録する。
- 2) 測定器は、定期的(2年以内を推奨)に整備点検・校正をメーカー等に依頼する。
- 3) 測定器を使用しない時は、振動のある場所、高温多湿、磁場の影響がある場所を避けて保管する。
- 4) 定期的に測定器の経年劣化、ケーブルコードの断線、破損、電池等の消耗品を確認し、必要に応じて交換をする。

注^{a)} 測定器の読みのずれを把握し、共通の測定の基盤を作る行為を校正という。このような場合には、既知の標準量を測定することで、個々の測定器の読みが期待する値からどれだけずれているかを知ることができる。この行為が校正であり、校正の結果(ずれている量)を加味することで、測定は適正に行われる。通常、校正の結果は測定器に固有のデータとして保管され、校正定数として必要に応じて測定などの際に参照される。また、標準器による校正を受けた測定器を用いて、適切な対象を測定し、その値付けを行うことによって、別な標準器とすることが可能である。その標準器によって同じ階層の測定器の校正を行うことをコンパティビリティという。なお、厳密に定義された国家標準器をおおもととし、測定器と標準器とを介して、段階的に連鎖する測定の体系を構築することをトレーサビリティという。

注^{b)} ゼロ(零)磁場調整^{c)}や消磁^{d)}によって測定器を補正する事をキャリブレーションという。その方法は測定器の取扱説明書に準ずる。一般的にフラックスゲート方式は測定前にセンサの消磁をした上で、必要に応じてゼロ磁場調整(必要ない機種もあり)を実施する。ホール素子方式は測定前にセンサを消磁する必要は無いが、ゼロ磁場調整をする必要がある。

注^{c)} 磁場がゼロの空間にセンサをかざした時、測定値がゼロを示すよう、測定器本体を調整すること。市販されている測定器のゼロ磁場調整は、ゼロ磁場に保たれたゼロチャンバ内部にセンサを入れて、測定器本体が示す値をゼロに調整する。ゼロチャンバは着磁し易いため、MR装置近傍に持ち込まないように注意し、必要に応じて消磁を行なう。

注^{d)} 消磁には、交流消磁、直流消磁、熱消磁等があり、センサの消磁は交流消磁で行なう。具体的には、地磁気程度の空間(ゼロ磁場が最も理想的)で、消磁器(電磁石)をセンサに向け、交流磁場を発生させた後に減衰させる(ゆっくり遠ざけた後に電源を切る)。自動減衰機能付きの製品もある。帯磁している方向は一つとは限らないため、消磁器はセンサに対して色々な方向に向けながら遠ざけること。センサの周りを回しながら遠ざけていくことも効果的である。

4. MR施設における磁気シールドの留意点

MR装置の設置に際しては、装置が発する強磁場が周囲に及ぼす影響に留意しなければならない。これらの影響を防止するための手法として磁気シールド^{a)}が施されるが、その設置計画に際しては性能条件(想定される漏えい磁束密度の上限値とその位置)を適確に設定し、その条件に適合した磁気シールドルームを、磁場の特質に留意して設計する必要がある。

4.1 性能条件の設定

MR施設の設置計画を行なう際は、下記のような磁場の影響を考慮して、影響を受ける位置(=測定点)における漏えい磁束密度の上限値を、性能条件として設定する。

1) 磁場の人体への影響^{b)} (立入制限区域)

JIS Z 4951 において、磁束密度が 0.5 mT を超えたエリアは立入制限区域とする事と定められている。(5.1 立入制限区域の定義 を参照) MR検査室に設ける磁気シールドの設計に際しては、適切な立入制限区域とそれを満たす性能条件を設定する。

2) 磁場の機器への影響^{c)} (JIS Z 4951 :2012 201.7.9.3.101 における 電磁干渉 に該当)

JIS で規定される立入制限区域の内外に関わらず、MR検査室近傍に設置される機器に対しては、磁場の影響を考慮する必要がある。(6. 磁場の影響を受ける機器について を参照) MR検査室に設ける磁気シールドの設計に際しては、それらの機器が影響を受けない磁束密度を性能条件として設定する

注^{a)} 磁気シールドとは、ある空間の磁束密度を減少させる事を目的とする遮へい対策を指すが、本マニュアルにおいては、MR装置を原因とする、MR検査室外に生じる磁束密度を減ずる事を目的として施される、磁場遮へい対策の事を言う。

注^{b)} ICNIRP 時間変化する電界、磁界及び電磁界による暴露を制限するためのガイドラインでは、職業的暴露に関する参考レベルを 200 mT、公衆の暴露に関する参考レベルを 40 mT と示している。

注^{c)} 表 6.1 の他、各MR装置の設置計画指針に例が示されている。又、JEITA IT-1004A 産業用情報処理・制御機器設置環境基準の表 1.2 において、機器の耐環境性例が示されている。

4.2 シールドルームの設計

MR装置から発生する磁場の分布図を元にシールドルームを設計する際、MR検査室の広さや位置の制約等により 4.1 1) や 2) のような漏えい磁場による影響が考えられる場合は、性能条件に合わせた磁気シールドルームを設計する必要がある。磁気シールドルームの設計仕様では、シールド材料名、シールド材料の厚さ、シールド施工範囲、シールド施工方法、及びシールド後の漏えい磁場値(もしくはシールド性能)を明確にしなければならない。

4.3 磁気シールドルームの特質

磁気シールド性能条件の設定、磁気シールドルームの設計、及び測定をする際は、以下のような磁気シールドルームの特質に注意する必要がある。(図 4.1 参照) これらの影響は、測定点を壁面から 300 mm 程度離れた位置とすれば軽減出来る事が経験的に知られている。

① 壁、柱、梁等の磁性体の影響

鉄筋コンクリートや鉄骨等、磁性体が含まれたく(躯)体に磁気シールドを施工した場合は、磁性体がある部位で磁場が局部的に変化してしまう。これは、磁場が磁性体に引き込まれたり、噴出してしまったためである。又、磁性体の着磁による影響も考慮しなければならない。

② 磁性材料の不連続部位の影響

磁気シールドに用いられる磁性材料の板幅は一般的に 300~910 mm で、それらを並べて設置する際に磁性材料の不連続部位が磁気抵抗となり、その部分から磁気が漏れてしまう。磁性材料を突合せただけでは磁気抵抗となってしまうため、通常は目地板で隙間を塞ぐ手法採られるが、磁気的な連続

性を確保するのは技術的に困難であり、コストインパクトも大きい。なお、磁性材料自体は劣化しないが、結合部は経年劣化する可能性もあり、留意が必要である。

③ 磁性材料端部の影響

磁気シールドが施工された部位とされていない部位との境界では、磁場が局部的に強くなる現象が発生する。(エッジ効果) これは、磁性材料によって集められた磁場が端部から噴出する事に起因する。

④ コーナー部の影響

コーナー部では、磁場が局部的に強くなる現象が発生する場合がある。これは、シールド対象となる磁場の形状にもよるが、磁性材料の不連続性(上記②) や、材料の折り曲げによる磁気抵抗の増加などの影響が大きい。

⑤ シールド開口部の影響

一般的にMR施設の磁気シールドルームにおいては、扉、窓、及びフィルタなどの開口部に関する磁気シールドの施工は困難である。開口部に磁気シールドを施さない場合、磁性材料の不連続性(上記②)や磁性材料端部の影響(上記③)]により、開口部周辺で磁場が膨らみ、局部的に強くなる現象が発生する。

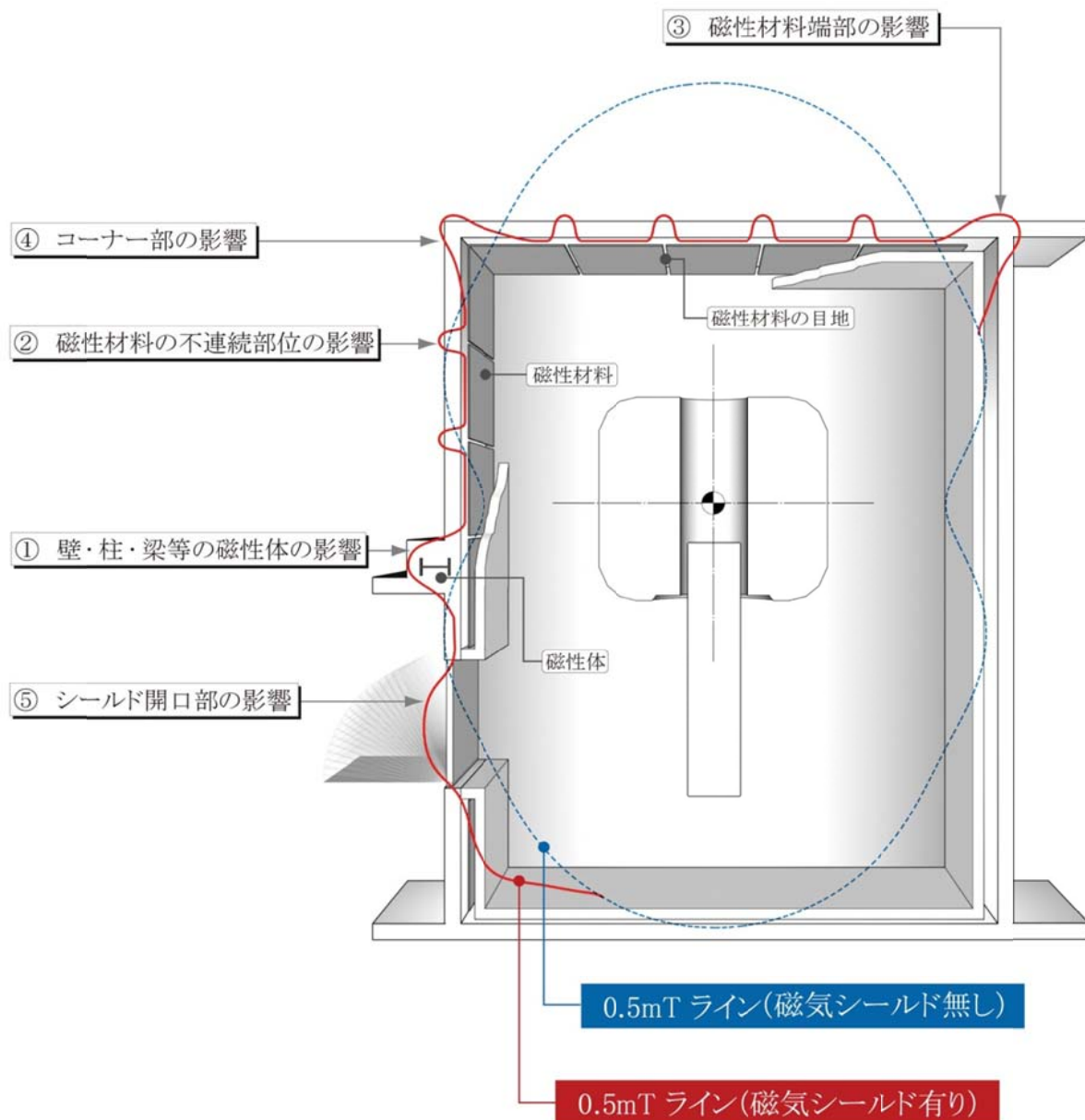


図 4.1 磁気シールドルームの特質

(注) 磁場分布の形状及び大きさは、特徴を表すためにデフォルメしています。

4.4 漏えい磁場の測定点

漏えい磁場の測定点は、壁面から 300 mm 離れた位置とする(上下階に対しては、床や天井面から 300 mm)。これは、**4.3 磁気シールドルームの特質** の影響によって測定値が不安定になることを避ける為で、経験的数値として従来から用いられている。

5. 立入制限区域について

5.1 立入制限区域の定義

MR施設における立入制限区域は、**JIS Z4951:2012 201.7.9.3.101** により、次のように定められている。

- **MR装置**の周囲に**立入制限区域**を定め、これを恒常的に設けることの必要性。この区域の外側は、次のものでなければならない。
 - 1) 漏えい磁場強度が 0.5 mT を超えない。
 - 2) 電磁干渉レベルが **IEC 60601-1-2** に適合する。
- この**立入制限区域**への許可されていない人の立入りを、**責任部門**が適切に管理できるように、例えば、床への標示、柵及び／又はその他の方法による表示を明確に勧告しなければならない。
- **立入制限区域**の全ての入口に、静磁場があること及び強磁性体への吸引力又は回転力が発生することの表示を含む、適切な標識を設けなければならない(警告記号及び禁止記号の例については、**附属書 D**を参照)

5.2 磁束密度:0.5 mT(500 μT)について

JIS Z4951:2012 附属書 AA(201.7.9.2.101e)において、[**立入制限区域**は、**患者**の治療を制御するためのリードスイッチ又はホール素子スイッチを使用している体内植込物に対する妥当な安全性についての余裕をみて、0.5 mT に設定されている。]と記されている。その他、ヨーロッパ規格 **EN 45502-2-1** や WHO (World Health Organization)、アメリカ食品医薬品局 (FDA) の見解についても触れているが、現状の実験結果や報告ではその数値を特定するに至っていない。ペースメーカーに限らず、磁場の人体影響に対するしきい値は確立されていないのが実情であり、今後の研究による説明が望まれている。

5.3 立入制限区域境界の安全管理

立入制限区域境界(壁直近)における漏えい磁場の安全性について、ユーザ(例えば対象とするMR検査室の安全管理者等)がそれを危惧されている場合には、十分に協議する事が重要である。

この問題は磁気シールドとマグネットの距離を十分に確保出来ないことが原因であるので、技術的な解決にはMR検査室の拡張やシールド設計変更などが必要であるが、標識などで注意喚起を行えば安全に運用することが出来る。

例えばMR検査室で吸着事故が発生している事実からも解るように、安全性を確保するためには立入制限区域か否かを論ずる事も必要であるが、それを適切に管理出来る事がより重要である。

5.4 MR施設のゾーン分割と測定区域

JIS Z4951:2012 附属書 AA(201.7.9.2.101e) 立入制限区域に、次のような概念が追記された。

立入制限区域についての漏えい磁場の上限値を決める方法に替えて、MR 施設を四つのゾーンに概念的に分割する。

ゾーン I は、一般の人が自由に立ち入れる全ての場所とする。

ゾーン II は、全く制限のないゾーン I と厳しい制限を課すゾーン III 及びゾーン IV との中間領域で、一般に**患者**は、ゾーン II にて検査を待つ。

ゾーン III は、教育を受けていない人が、自由に出入りすると重大な事故を起こす可能性がある領域である。ゾーン III は、MR 担当者によってきちんと管理し、例えば施錠などによって一般の人が自由に立ち入れないような物理的な入場制限を行う。MR に関係していない人は、彼らが MR 担当者になる適切な教育と訓練を受けるまでは、ゾーン III には単独で立ち入れない。ゾーン III 及び漏えい磁場が 0.5 mT を超える最小の領域では、境界線を引き、潜在的な危険があることを明確に標示する。

ゾーン IV は、MR 装置の磁石が置かれている部屋である。このゾーンは定義によって常にゾーン III の内側に位置する。ゾーン IV は強力な磁場の存在によって潜在的な危険があるため境界線を引き、明確な標示を行う。

上記 JIS で示されたゾーン分割には数値定義が無いため立入制限区域(0.5 mT)と直接的関連はないが、結果的に漏えい磁測定が行われる必要があるのはゾーンIVの周囲となる。

ランク	部屋名称例
ゾーン I	MR に関連しない部屋全て
ゾーン II	MR 前室や MR 更衣室
ゾーン III	MR 操作室や MR 機械室と、0.5mT 漏えいした場所
ゾーン IV	MR 検査室

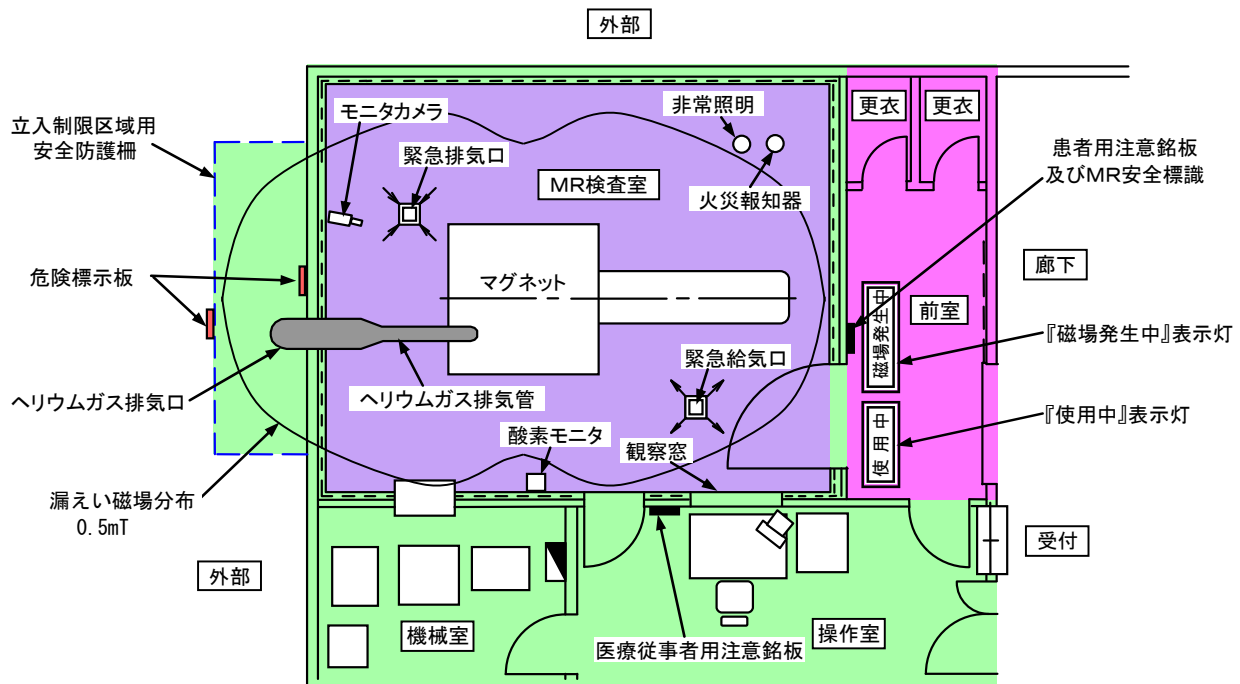


図 5.1レイアウト例(超電導タイプ)

6. 磁場の影響を受ける機器について

表 6.1 に、機器が影響を受ける直流磁束密度の目安を示す。電子顕微鏡やCRT等の機器は、0.1 mT といった地磁気レベルの磁束密度で影響を受ける可能性があるが、性能条件の最小値は、地磁気との区別を考慮して 0.1 mT とするのが現実的である。上下階はもとより、建屋の構造物が着磁する事で、思わぬ場所に影響が出る場合があるので注意が必要である。

測定点はメーカーの設置計画指針に準ずるが、明確で無い場合は機器の端部とするのが通常である。

表 6.1 機器が影響を受ける直流磁束密度の目安

機器	直流磁束密度										直流磁束密度 による分類	
	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2	mT		
高エネルギー放射線治療装置 リニアアクセラレータ												0.05~0.1 mT以上
核医学画像診断装置 (光電子増倍管使用)												
(1)シンチレーションカメラ												
(2)ポジトロンCT(PET)												
(3)エミッションCT												
X線CT装置												
電子顕微鏡												
X線テレビ装置(I. I.)												0.1
カラーCRT(シールドなし)												
サイクロトロン												
超音波診断装置												
精密天秤												0.2
カラーCRT(シールド付)												
白黒CRT(シールドなし)												
心電計												0.5
脳波計												
ペースメーカー												1
白黒CRT(シールド付)												
コンピュータ												1
X線管												
磁気テープ												
磁気ディスク												
フロッピーディスク												
クレジットカード												
腕時計(機械式)												

(注1) この表は各メーカーのデータをまとめたもので、0.05~0.1 mT の領域は地磁気の影響を受けやすいことやメーカーによるバラツキもあるため、破線にて示した。

(注2) 実際の施設設計にあたっては、該当するメーカーへの確認が必要である

7. 実際の測定

漏えい磁場測定は、立入制限区域境界 と 磁場の影響を受ける機器に対して測定するが、対象となる磁束密度が異なる。前者の磁束密度は 0.5 mT 程度であるのでフラックスゲート方式が望ましく、後者は 0.1 mT 程度であるのでフラックスゲート方式を用いる。

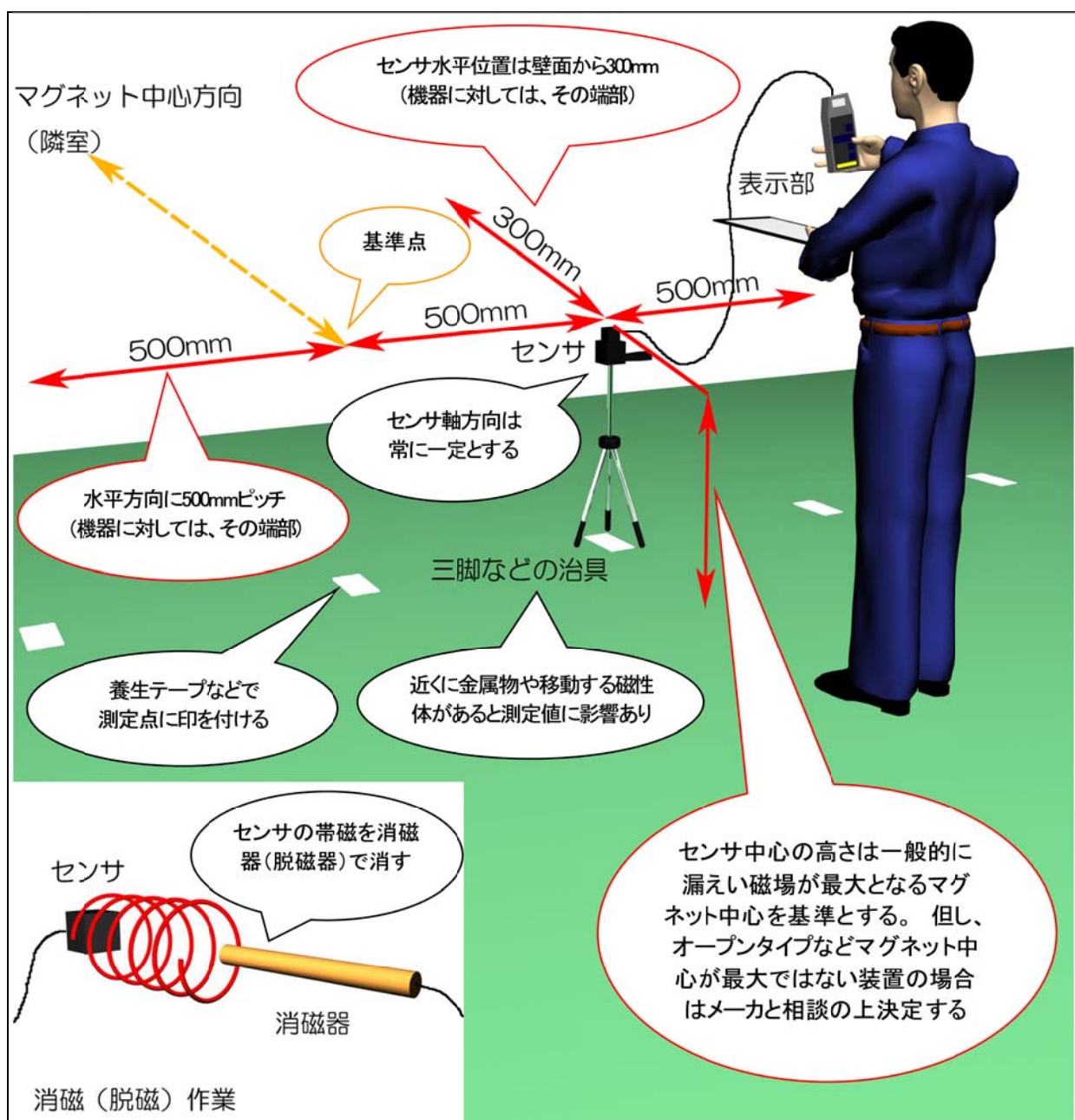
それらの測定は、隣室における測定 と 上下階における測定に分けて考えると理解しやすい。

7.1 隣室における測定

隣室における測定点の高さは磁場の最大位置(マグネット中心など)とするが、水平位置は測定対象によって異なる。

立入制限区域境界に対しては壁面から 300 mm 離して測定位置を割り出すが、磁場の影響を受ける機器に対しては対象となる機器本体の端部を基本とする。

下図は、三軸フラックスゲート方式(ハンディ型)を用いた立入制限区域境界の測定を例としている。



7.1.1 測定対象エリアを確認する

- 1) 測定範囲の障害物の除去
測定ポイントにモノが置いてあると、センサを設置できないため
- 2) 測定範囲近辺の磁性物質の除去
測定ポイント近くに磁性物質があると、精確な測定値が得られないため
- 3) 測定範囲近辺の移動する磁性物質の確認
測定ポイント近くで磁性物質(ストレッチャ、ベッド、酸素ボンベなど)が移動すると、精確な測定値が得られないため
- 4) 磁気ノイズ発生源(電源ライン)などの確認
測定ポイント近くで大きな磁気ノイズが発生していると、精確な測定値が得られないため

7.1.2 測定器を準備する

- 1) 測定器を運搬用のボックスから取り出す
- 2) センサを三脚などの治具に取り付ける
治具は、測定値に影響を与えない非磁性体で、センサの高さと軸方向を常に一定に保つことが出来るものとする
- 3) 電源を入れて指示値が安定するまで待つ
- 4) キャリブレーションを実施する
フラックスゲート方式の場合、センサを消磁(帯磁を除去する)し、必要に応じてゼロ磁場調整をする(ホール素子方式の場合、センサをゼロチャンバに入れてゼロ磁場調整をする)
(詳細は、P.3 **3.測定器の管理** を参照)

7.1.3 測定位置を割り出す

- 1) マグネット中心を隣室の壁面に特定する
P.18 の例では、壁 4 面それぞれに水平位置を特定し、測定位置の基準点とする
- 2) マグネット中心を基準点として、測定位置を割り出す
あらかじめ養生テープなどで床面に印を付けておくとう便利である
 - a) 立入制限区域境界に対しては、壁面から 300 mm 離し、基準点から 500 mm ピッチを基本とする
 - b) 磁場の影響を受ける機器に対しては、その機器本体の端部を基本とする
- 3) 測定点(センサ中心)を磁場が最大となる高さに合わせて、三脚などの治具を調整する
(詳細は、P.18 **付録 作成例 1**、P.21 **付録 作成例 4** を参照)

7.1.4 磁束密度を測定する

- 1) 各測定位置での磁束密度を測定する
- 2) 測定値(x, y, z, 及び三軸合成値)を記録する
x 軸, y 軸, z 軸それぞれの向きを記録しておく
(詳細は、P.16 **付録 MR検査室漏えい磁場測定結果書**を参照)

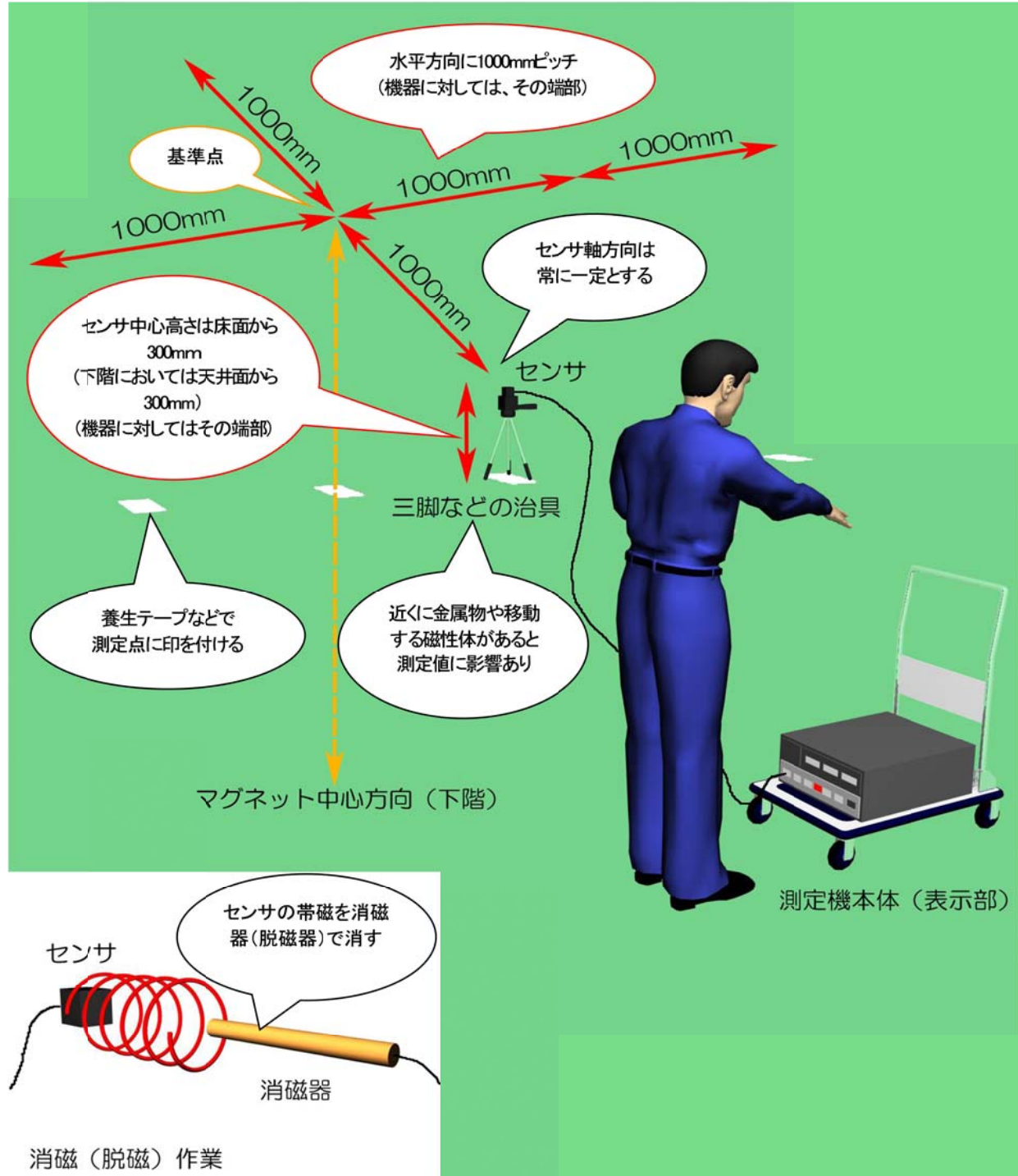
7.1.5 測定器及び測定場所の片づけをする(整理整頓)

7.2 上下階における測定

立入制限区域境界に対する測定点の高さは、上階においては床面から300mmとし、下階においては天井面から300mmを基本とする。

磁場の影響を受ける機器に対する測定点は、その機器本体の端部を基本とする。

下図は、三軸フラックスゲート方式を用いた上階における立入制限区域境界の測定を例としている。



7.2.1 測定対象エリアを確認する

- 1) 測定範囲の障害物の除去
測定ポイントにモノが置いてあると、センサを設置できないため
- 2) 測定範囲近辺の磁性物質の除去
測定ポイント近くに磁性物質があると、精確な測定値が得られないため
- 3) 測定範囲近辺の移動する磁性物質の確認
測定ポイント近くで磁性物質(ストレッチャ、ベッド、酸素ボンベなど)が移動すると、精確な測定値が得られないため
- 4) 磁気ノイズ発生源(電源ライン)などの確認
測定ポイント近くで大きな磁気ノイズが発生していると、精確な測定値が得られないため

7.2.2 測定器を準備する

- 1) 測定器を運搬用のボックスから取り出す
- 2) センサを三脚などの治具に取り付ける
治具は、測定値に影響を与えない非磁性体で、センサの高さと軸方向を常に一定に保つことが出来るものとする
- 3) 電源を入れて、指示値が安定するまで待つ
- 4) キャリブレーションを実施する
フラックスゲート方式の場合、センサを消磁(帯磁を除去する)し、必要に応じてゼロ磁場調整をする(詳細は、P.3 **3.測定器の管理** を参照)

7.2.3 測定位置を割り出す

- 1) マグネット中心を上下階の床面に特定する
P.20 の例では、上階床にて下階のマグネット中心の位置を特定し、測定位置の基準点とする
- 2) マグネット中心を基準点として、測定位置を割り出す
あらかじめ養生テープなどで床面に印を付けておくと便利である
 - a) 立入制限区域境界に対する上下階においては、基準点から 1000 mm ピッチを基本とする
 - b) 磁場の影響を受ける機器に対する上下階においては、その機器本体の端部を基本とする
- 3) 測定点(センサ中心)の高さを特定し、三脚などの治具を調整する
 - a) 立入制限区域境界に対する上階においては、床面から 300 mm とする
 - b) 立入制限区域境界に対する下階においては、天井面から 300 mm を基本とする
 - c) 磁場の影響を受ける機器に対する上下階においては、その機器本体の端部を基本とする(詳細は、P.19～22 **付録 作成例 2～5** を参照)

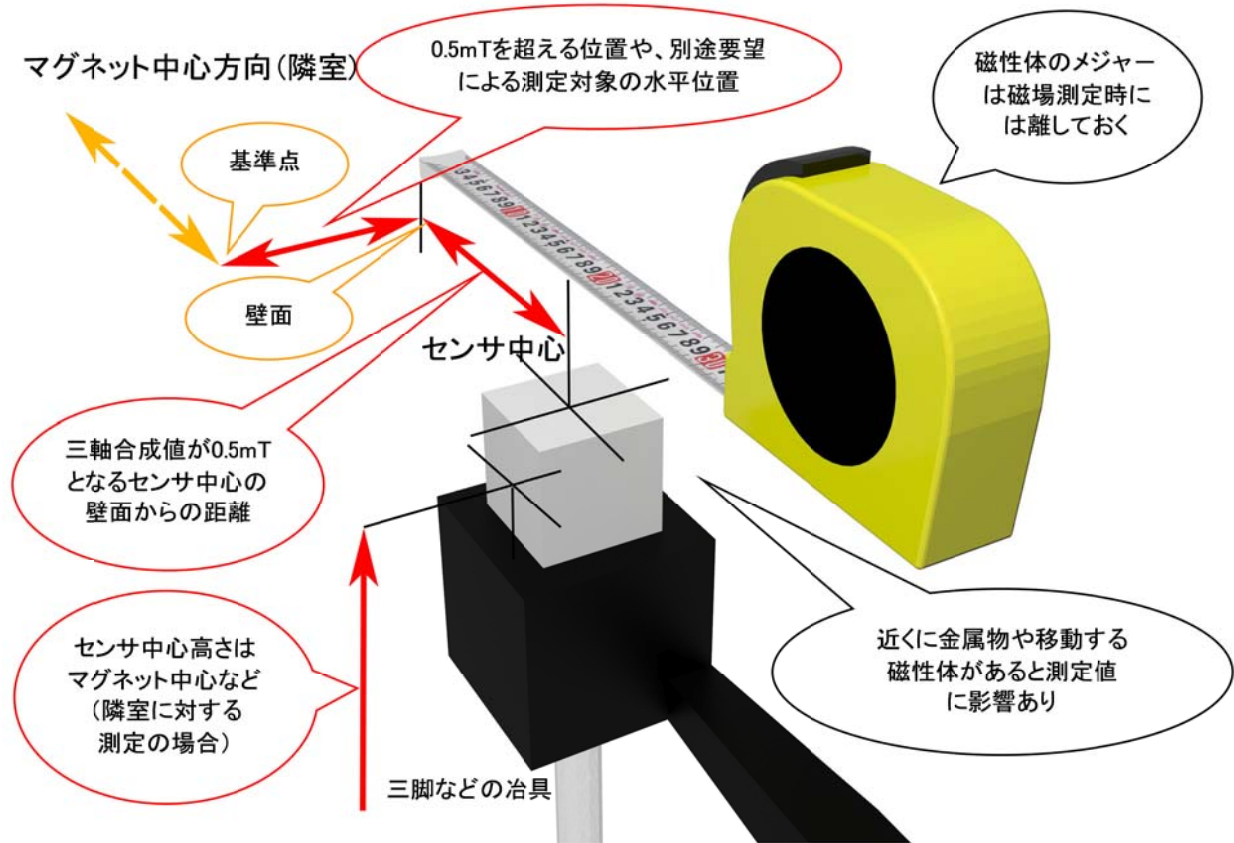
7.2.4 磁束密度を測定する

- 1) 各測定位置での磁束密度を測定する
- 2) 測定値(x, y, z, 及び三軸合成値)を記録する
x 軸, y 軸, z 軸それぞれの向きを記録しておく
(詳細は、P.16 **付録 MR検査室漏えい磁場測定結果書**を参照)

7.2.5 測定器及び測定場所の片づけをする(整理整頓)

7.3 磁束密度:0.5 mT(500 μ T)位置の測定

隣室や上下階における測定で0.5 mTを超えた場合や、立入制限区域の位置設定をする場合には、0.5 mTの位置を測定する。その場合、精度を要するため三軸フラックスゲート方式を用いる。下図は、三軸フラックスゲート方式を用いた隣室における測定を例としている。



7.3.1 測定位置を特定する

- 隣室や上下階における測定で0.5 mTを超えた場合は、その位置(測定位置図の記号)を記録する。磁場分布のシミュレーション図や磁気シールドルームの特質などを考慮して、必要に応じて測定範囲を決定する。
- 測定点(センサ中心)を磁場が最大となる高さに合わせて、三脚などの治具を調整する。
- 立入制限区域を計画している場合は、磁場分布のシミュレーション図や磁気シールドルームの特質などを考慮して、測定位置図における該当する測定点を特定する。

7.3.2 磁束密度 0.5 mT 位置を測定する

- 特定した測定位置で、壁面(上階においては床面、下階においては天井面)から垂直方向にセンサを徐々に遠ざけ、三軸合成値が0.5 mTの位置を特定する。
このとき、垂直方向を示すことができる非磁性の指矩のようなものがあると便利である。
- 特定した位置の壁面(上下階においては床面)からの距離を記録する。
治具は、測定値に影響を与えない非磁性体で、センサの高さと軸方向を常に一定に保つことが出来るものとする。
- 測定位置図における0.5 mTの位置を線でつなぐ。
(詳細は、P.25 **磁束密度 0.5 mT 位置測定位置図**を参照)

7.3.3 測定器及び測定場所の片づけをする(整理整頓)

8. 測定結果の記録・保存

漏えい磁場測定結果報告書は責任施工の関係上、シールド施工請負者によって完成図書と一緒に病院関係者へ渡される。

現在でも漏えい磁場測定結果報告書の管理は法令上特に規定はないが、ユーザ(例えば対象とするMR検査室の安全管理者等)へ必ず渡し、0.5 mT の位置・MR 安全標識の状態をユーザが確認し、現MR装置が撤去されるまで保管・管理する事が好ましい。

また、同様に施工責任もあるためシールド施工担当者も現MR装置が撤去するまで保管・管理する事が好ましい。

9. 測定者について

測定業務を行う者については法令上特に規定はないが、MR 装置が発生する漏えい磁場に関して十分な知識を持っていなければならない。特にMR検査室への入室を制限している、ペースメーカ装着者・体内に磁性金属のある人等は測定業務に従事させない等の配慮が必要である。

参考文献

- 1) 日本建築学会:環境磁場の計測技術－現場における計測の事例－,丸善(1998)
- 2) 日本建築学会:建築におけるシールド材料・施工 磁気シールド,丸善(2005)
- 3) (社)日本画像医療システム工業会:磁気共鳴画像診断装置施設の安全基準
- 4) (株)エムティアイ:FAQ <http://www.mticorp.co.jp/>
- 5) (株)東陽テクニカ: FAQ <http://www.toyo.co.jp/magne/faq.html>
- 6) 豊田中央研究所:磁気インピーダンス効果を有する積層型薄膜磁界検出素子,R&D レビュー Vol.32(1997.3) http://www.tytlabs.co.jp/japanese/review/rev321pdf/321_045nishibe.pdf
- 7) センサ工房ねっと:近接センサの種類-原理の分類-
http://www.sensor-koubou.com/DOC/%E8%BF%91%E6%8E%A5%E3%82%BB%E3%83%B3%E3%82%B5%E3%81%AE%E7%A8%AE%E9%A1%9E_%E5%8E%9F%E7%90%86%E3%81%AE%E5%88%86%E9%A1%9E.pdf
- 8) 磁場計測評価 SWG:環境磁場の計測方法 <http://homepage3.nifty.com/~bemsj/DC.htm>

MR検査室漏えい磁場測定記録書

測定場所

施設名	(1)		
住所	〒	電話番号	
		FAX番号	
管理者			
測定室名			

設置装置

製造メーカー名			
装置名		磁束密度	(2)
励磁年月日	(3)		
メーカー担当者			
最大磁場の高さ	(4)		

測定実施者

測定機関名			
住所		電話番号	
		FAX番号	
測定者			
測定立会者		所属機関	

測定条件

測定日時	年 月 日 () : ~ : (5)			
測定器	メーカー名	(6)	製造年月	(7)
	装置名称	(6)	校正機関	(9)
	センサ種類	(8)	校正年月	(9)
	分解能	(10)		
シールド性能条件	(11)			
天候	(12)	室温	(12) °C	湿度 (12) %
測定に関する 所見	(13)			

付録 MR検査室漏えい磁場測定記録書記入要領

- (1) 病院又は診療所の正式名称を記入する。法人施設などの場合、法人名も記入する
- (2) MR装置の磁束密度を記入する
例) 1.5 T、0.3 T など
- (3) MR装置の励磁(磁場立ち上げ)年月日を記入する
- (4) 測定点の高さは一般的に漏えい磁場が最大となるマグネット中心を基準とする。但し、オープンタイプなどマグネット中心が最大ではない装置の場合はメーカーと相談の上決定する
- (5) 測定した年月日、曜日、時間を記入する
- (6) 測定器のメーカー名と機種名を記入する
- (7) 測定器の製造年月を記入する
- (8) 測定器のセンサの種類を記入する
例) フラックスゲート方式、ホール素子方式 など
- (9) 測定器の校正機関と校正年月を記入する
- (10) 測定器の分解能(直流磁場測定)を記入する
例) 0.01 μ T(直流) など
- (11) MR検査室のシールド性能条件を記入する
例) 「操作室、CPU室、前室を除く隣室において、漏えい磁場を 0.5 mT以下とする
ただし、測定位置は壁から 300 mm 離れた位置で、高さは FL+1000 mm とする」 など
- (12) 天気、気温、湿度については、記入することが望ましい
- (13) 測定結果から得た所見を記入する

付録 MR検査室漏えい磁場測定結果書記入要領

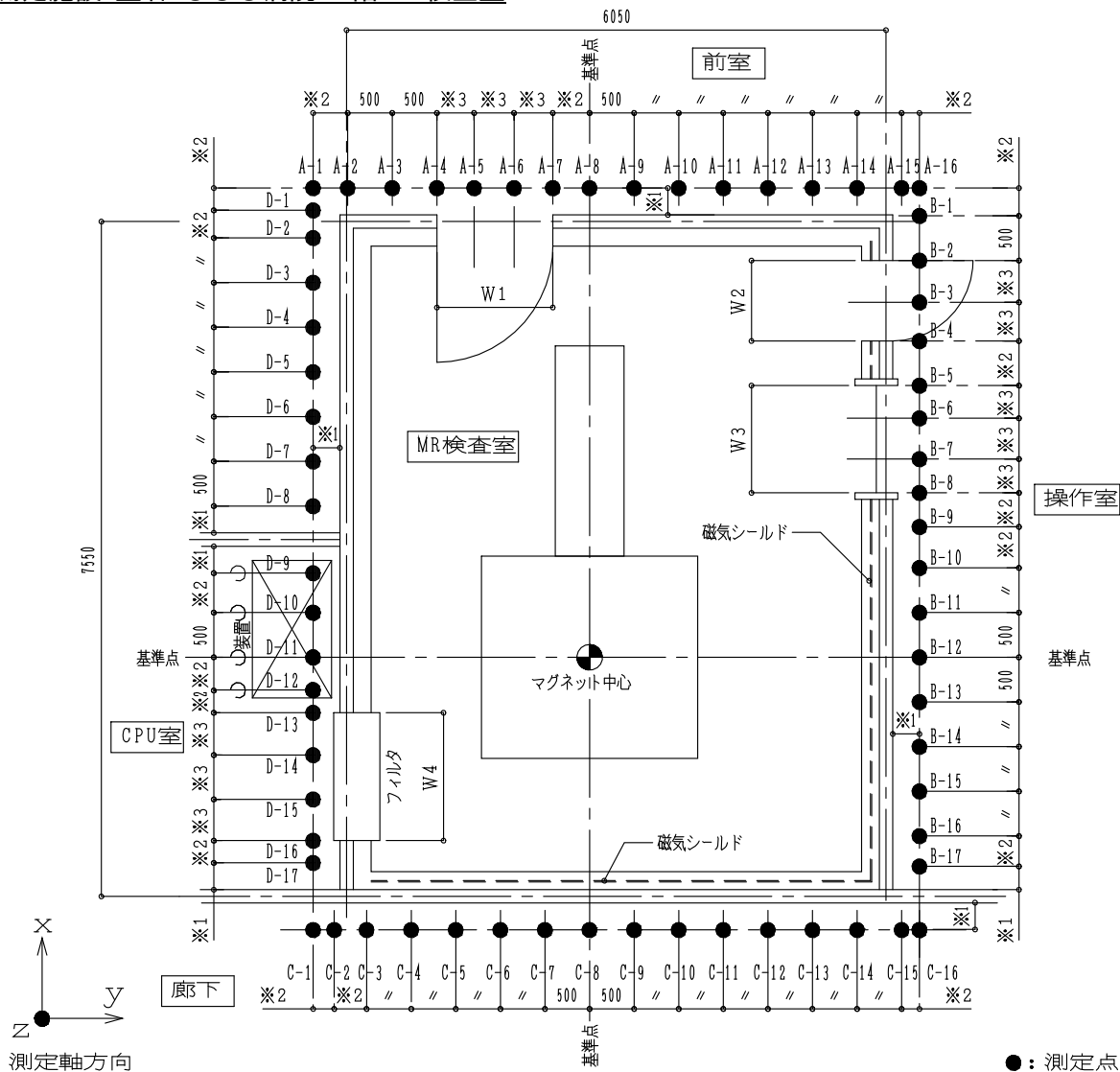
- (14) 測定した年月日、曜日、時間を記入する
- (15) 測定室名と設置されている装置名を記入する
- (16) 測定器のメーカー名、機種名を記入する
- (17) 測定点でのセンサ中心高さを固定する場合は記入する。
測定点により異なる場合は測定位置図、もしくは備考欄に記入する
例) FL+1000 mm など
- (18) 測定位置図に記入されている測定点記号を記入する
- (19) x、y、z 軸成分がそれぞれ表示できる測定器の場合は、各成分の測定値を記入する
- (20) 三軸成分の合成値が表示される測定器の場合はその値を記入する。
三軸成分の値しか表示されない場合は、下式により合成値を計算し、その値を記入する
合成値を $|B|$ 、三軸成分をそれぞれ B_x 、 B_y 、 B_z としたとき、
$$|B| = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$
- (21) 性能条件の値を記入する。
例) 0.1 mT、立入制限区域 など
- (22) 各測定点ごとの注記事項などを記入する

付録 MR検査室漏えい磁場測定位置図 作成例-1
(立入制限区域境界における漏えい磁場測定)

管理番号

MR検査室漏えい磁場測定 測定位置図

測定施設・室名: ○○○病院 1階MR検査室



MR設置階 平面図

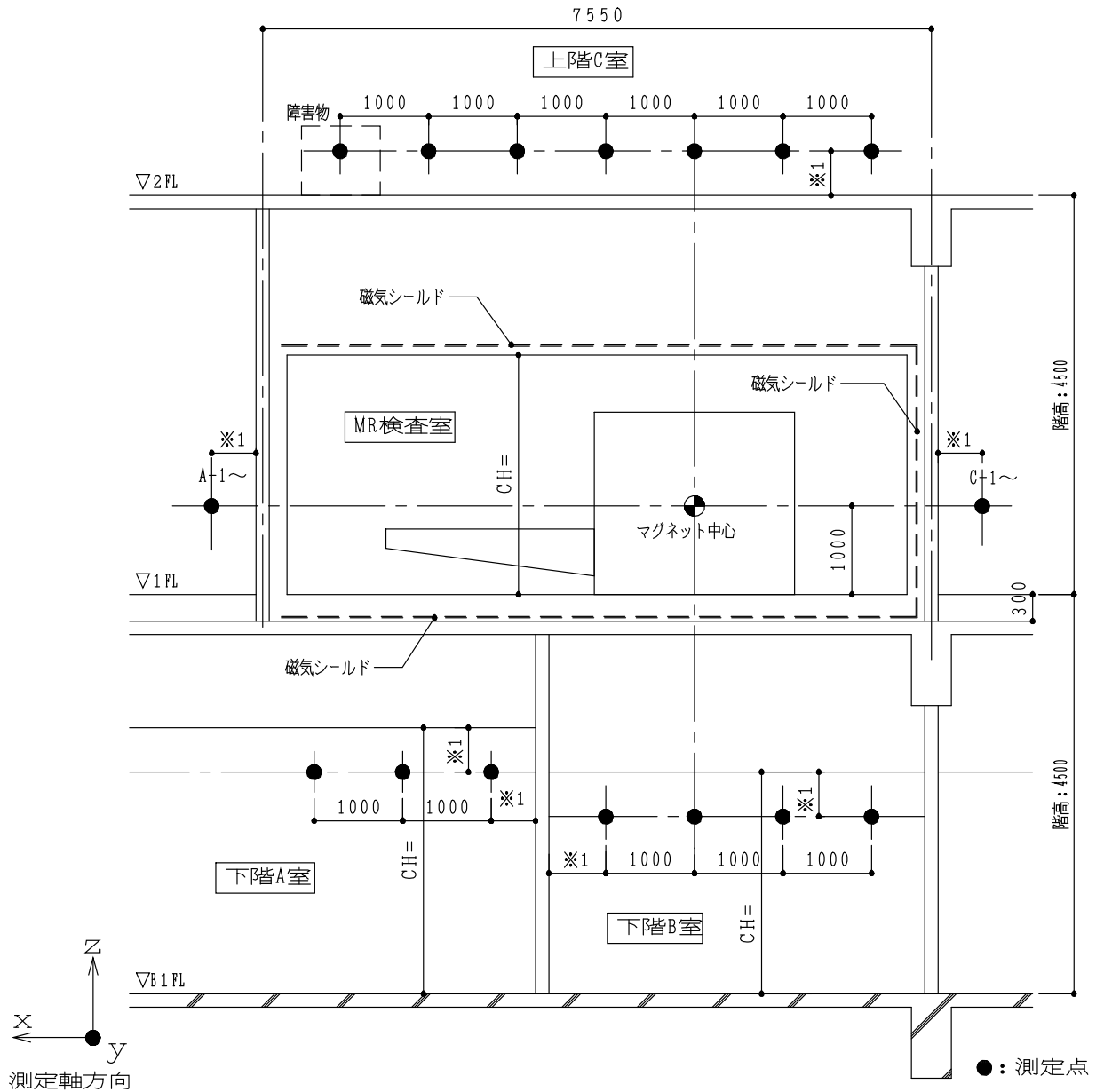
- 注1. 三軸成分で測定した場合は軸方向を記入する。
- 注2. 測定点の基本的な配置はマグネットを中心に500mmピッチとしている。
- 注3. 扉・窓など開口部の測定点は両端部、及び開口Wを500mm以下で等分した位置(※3)としている。
- 注4. 壁から測定点までの距離(※1)は通常300mmとする。
- 注5. 寸法※2は余数(500mm以内)とする。
- 注6. 各測定点に記号(通し番号)をつける。
- 注7. 測定点D-9~12のように障害物などがあり測定不可能な場合はその旨を記入する。
もしくは、障害物の後方で測定しその旨を記入する。
- 注8. 基本的な測定点によらず漏えい磁場値が大きい点がある場合はその旨を記入する。
- 注9. 測定点の高さは一般的に漏えい磁場が最大となるマグネット中心を基準とする。但し、オープンタイプなどマグネット中心が最大ではない装置の場合はメーカーと相談の上決定する。
- 注10. 隣室が外部や地中などで測定不可能な場合で、人が立ち入る可能性がない、若しくは立入制限を設けられる場所については測定を省略してもよい。

付録 MR検査室漏えい磁場測定位置図 作成例-2
 (立入制限区域境界における漏えい磁場測定)
 (磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定)

管理番号 _____

MR検査室漏えい磁場測定 測定位置図

測定施設・室名: ○○○病院 1階MR検査室



MR設置階 断面図

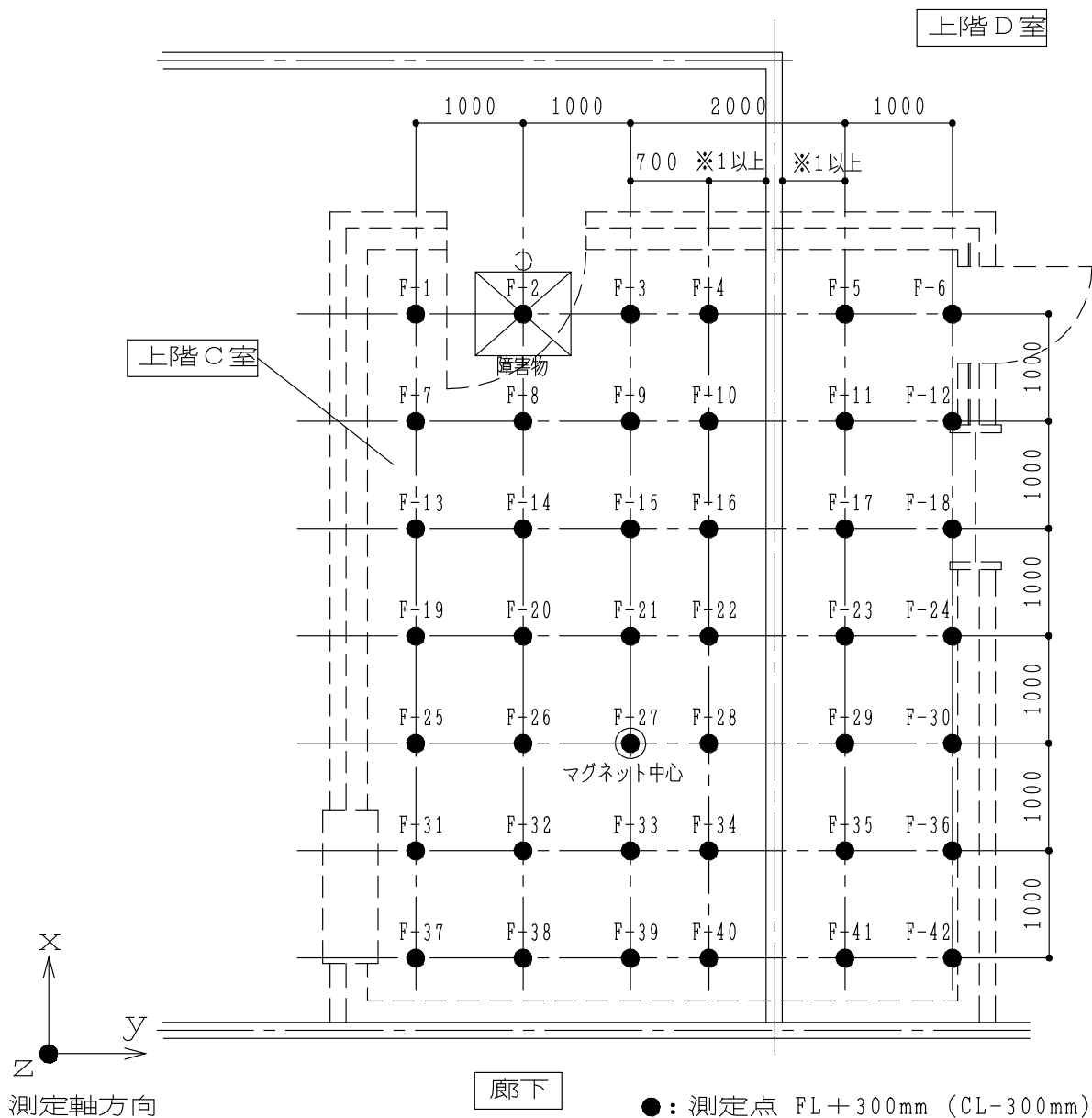
- 注1. 三軸成分で測定した場合は軸方向を記入する。
 注2. 測定点の基本的な配置はマグネットを中心に1000 mmピッチとしている。
 注3. 床、もしくは天井面から測定点までの距離(※1)は通常300 mmとする。
 測定点高さについては、シールド性能条件において決めてあることが望ましい。
 注4. 上下階についてはシールド性能条件がなく、かつ漏えい磁場の影響を受ける要因がない場合、
 もしくはMR装置から発生する磁場分布が明らかにMR検査室(区画)で納まっている場合は、
 測定による確認を省略しても良い。

付録 MR検査室漏えい磁場測定位置図 作成例-3
 (立入制限区域境界における漏えい磁場測定)
 (磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定)

管理番号 _____

MR検査室漏えい磁場測定 測定位置図

測定施設・室名: ○○○病院 1階MR検査室



MR上(下)階 平面図

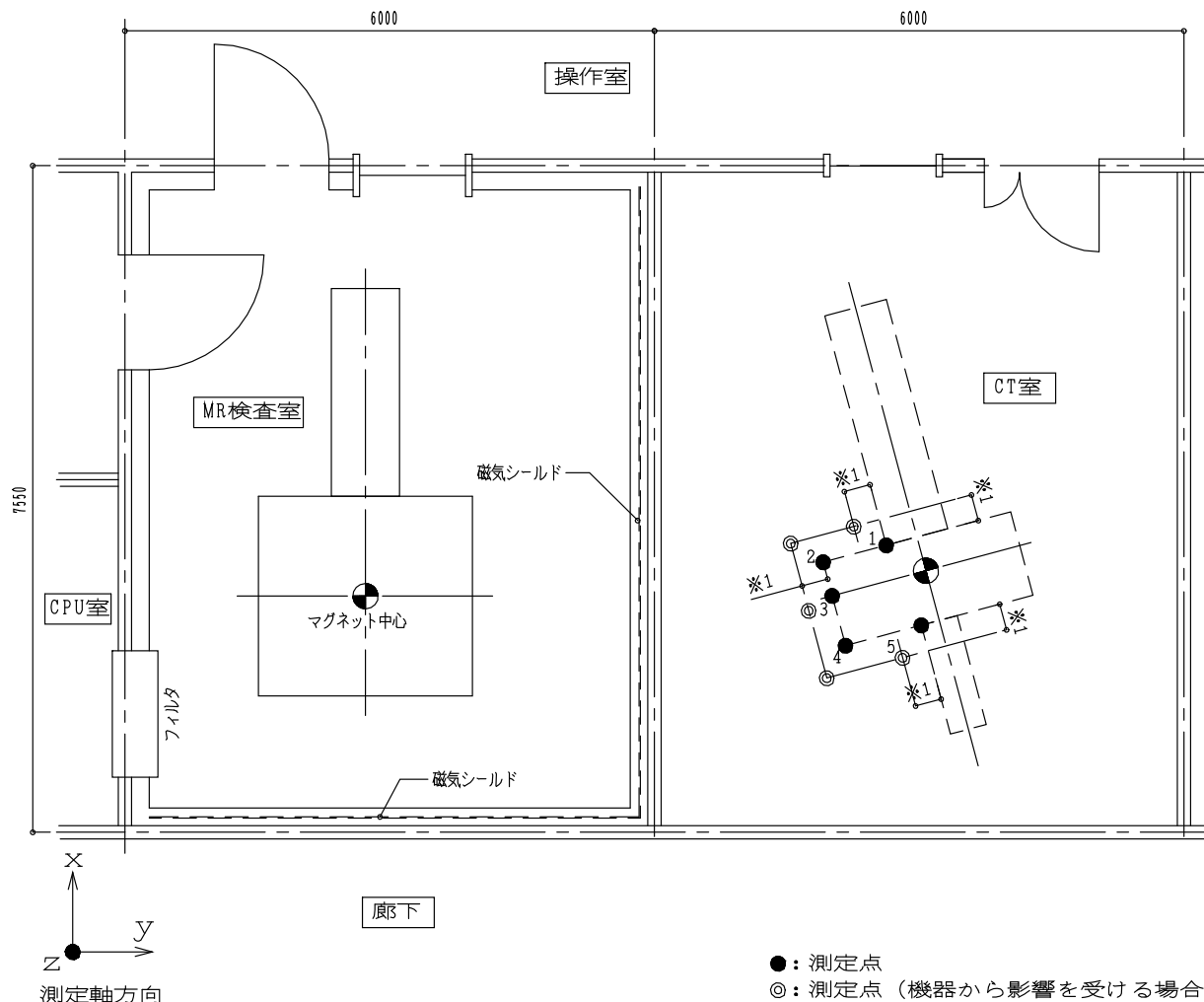
- 注1. 三軸成分で測定した場合は軸方向を記入する。
- 注2. 測定点の基本的な配置はマグネットを中心に 1000 mm ピッチとしている。
 但し、シールド条件が厳しい場合などはピッチを狭くすることが望ましい。
- 注3. 壁や柱などがある場合は測定点までの距離(*1)を通常 300 mm とする。
- 注4. 各測定点に記号をつける。
- 注5. 測定点 F-2 のように障害物などがあり測定不可能な場合はその旨を記入する。
 もしくは、障害物の近傍で測定しその旨を記入する。

付録 MR検査室漏えい磁場測定位置図 作成例-4
(磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定)

管理番号

MR検査室漏えい磁場測定 測定位置図

測定施設・室名: ○○○病院 1階MR検査室



MR設置階 平面図

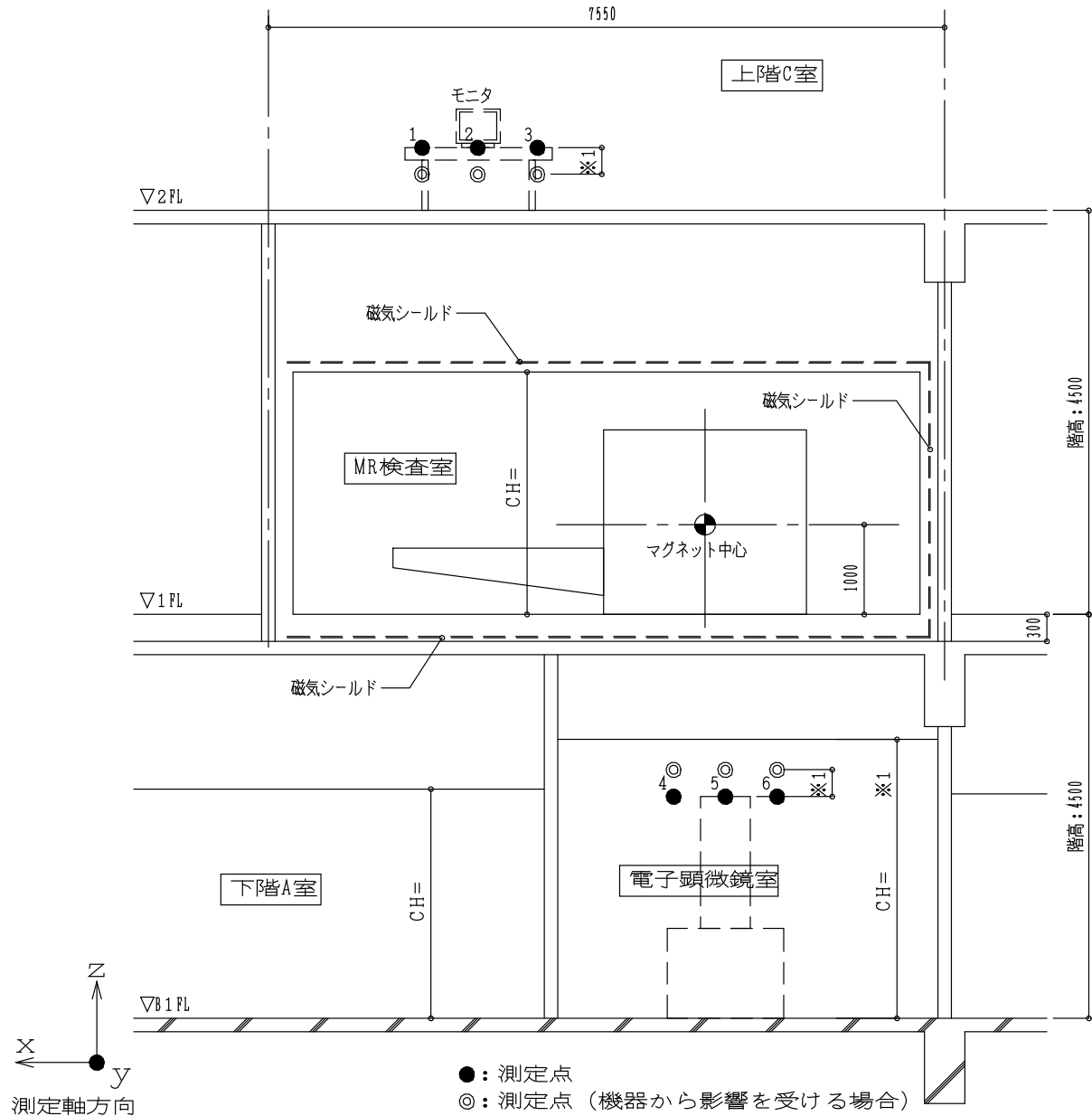
- 注1. 影響を受ける機器として、隣室のCT装置を例としている。
- 注2. 三軸成分の軸方向を記入する。
- 注3. 測定条件となる測定点については、対象機器のメーカーと協議のうえ決定することが望ましい。
メーカーから測定点の指定がない場合は、機器本体の端部を測定点とする。
機器自体の着磁などにより、測定に影響を受ける場合は機器から300mm離れた位置(※1)を測定点とする。
- 注4. 各測定点に記号(通し番号)をつける。
- 注5. 基本的な測定点によらず漏えい磁場値が大きい点がある場合はその旨を記入する。
- 注6. 測定点の高さは一般的に漏えい磁場が最大となるマグネット中心を基準とする。但し、オープンタイプなどマグネット中心が最大ではない装置の場合はメーカーと相談の上決定する。

付録 MR検査室漏えい磁場測定位置図 作成例-5
 (磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定)

管理番号 _____

MR検査室漏えい磁場測定 測定位置図

測定施設・室名: ○○○病院 1階MR検査室



MR設置階 断面図

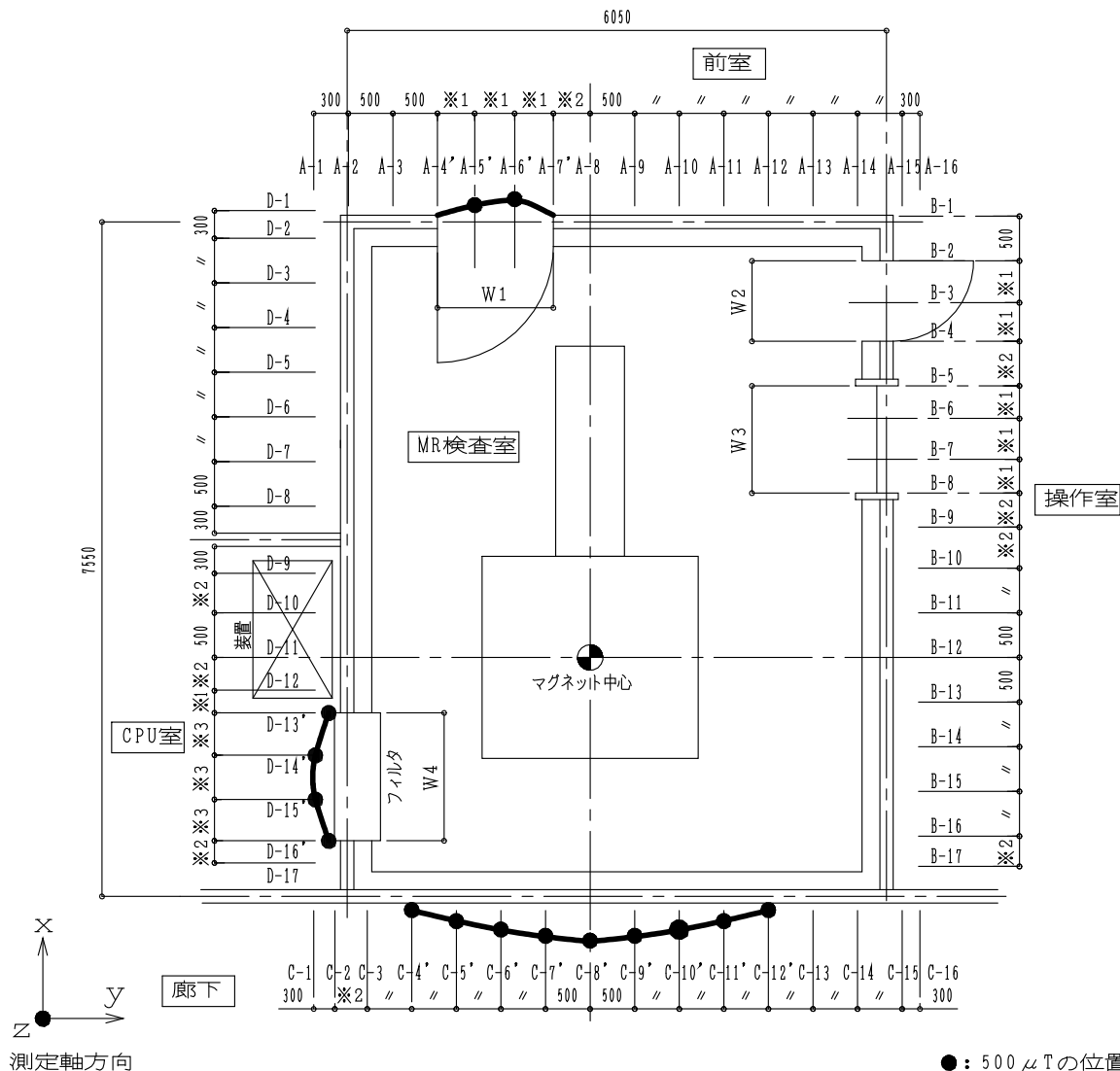
- 注1. 影響を受ける機器として、上階はモニタ、下階は電子顕微鏡を例としている。
 注2. 三軸成分の軸方向を記入する。
 注3. 測定条件となる測定点については、対象機器のメーカーと協議のうえ決定することが望ましい。
 メーカーから測定点の指定がない場合は、機器本体の端部を測定点とする。
 機器自体の着磁などにより、測定に影響を受ける場合は機器から300 mm離れた位置(※1)を測定点とする。
 注4. 各測定点に記号(通し番号)をつける。
 注5. 基本的な測定点によらず漏えい磁場値が大きい点がある場合はその旨を記入する。

付録 磁束密度 0.5 mT(500 μ T)位置測定結果書 記入要領

- (23) 測定した年月日、曜日、時間を記入する。
- (24) 測定室名と設置されている装置名を記入する。
- (25) 測定器のメーカー名、機種名を記入する
- (26) 測定点でのセンサ中心高さを固定する場合は記入する。
測定点により異なる場合は測定位置図、もしくは備考欄に記入する
例)FL+1000 mm など
- (27) 測定位置図に記入されている測定点記号を記入する。
- (28) x, y, z 成分がそれぞれ表示できる測定器の場合は、各成分の測定値を記入する。
- (29) 基本的には 500 μ T であるが、測定誤差等もあるため測定値(合成値)を記入する。
- (30) 各測定点において、磁束密度の三軸合成値が 500 μ T である位置の壁面からの距離を記入する。
- (31) 各測定点ごとの注意事項などを記入する。

磁束密度 0.5 mT 位置測定 測定位置図

測定施設・室名: ○○○病院 1階MR検査室



MR設置階 平面図

- 注1. 三軸成分で測定した場合は軸方向を記入する。
- 注2. 測定点の基本的な配置はマグネットを中心に 500 mm ピッチとしている。
- 注3. 扉・窓など開口部の測定点は両端部、及び開口Wを 500 mm 以下で等分した位置(※1)としている。
- 注4. 各測定点における 500 μT の位置をプロットし線で結ぶ。
- 注5. 寸法※2 は余数 (500 mm 以内) とする。
- 注6. 測定点 D-9~12 のように障害物などがあり測定不可能な場合はその旨を記入する。
もしくは、障害物の後方で測定しその旨を記入する。
- 注7. 各測定点に記号 (通し番号) をつける。500 μT 以上の測定位置番号には、アポストロフィなどをつけて通常の測定位置と区別することが望ましい。
- 注8. 測定点の高さは一般的に漏えい磁場が最大となるマグネット中心を基準とする。但し、オープンタイプなどマグネット中心が最大ではない装置の場合はメーカーと相談の上決定する。
- 注9. 隣室が外部や地中などで測定不可能な場合で、人が立ち入る可能性がない、若しくは立入制限を設けられる場所については測定を省略してもよい。

2008年12月 1日 制定
2014年 3月 5日 改正
2014年 9月 5日 図2.1修正

解説

1. 改正の経緯

MR施設の安全性を考える際、漏えい磁場の人体への影響は重要な項目の一つである。漏えい磁場の検証には精確な測定が必要であるが、それらの様々なノウハウを記した公的指針が存在しなかった当時は、測定者による測定誤差の可能性を否定出来なかった。

その指針として2008年8月に、**MR施設の漏えい磁場測定マニュアル**を作成したが、その後6年余りが経過し、MR施設の基礎安全及び基本性能について定めた**JIS Z 4951**の改訂(2012年6月)や、ご活用頂いた方々のご意見を反映させるために見直しを行った。

今回の改訂では、**JIS Z 4951:2012**に追記されたMR施設のゾーン分割と測定区域について解説した。また、実際の測定を、隣室における測定と上下階における測定に分けてより具体的に解説したほか、磁束密度:0.5 mT位置の測定について追記した。

本マニュアルが実際に測定にあたる方々に活用され、またMR施設の安全管理に役立つことを希望している。

2. 原案作成及び審査

2.1 原案作成：標準化部会 サイト設備設計G(WG-7113)

委員長	石井須美男	シーメンス・ジャパン(株)
主査	小路口 寛	(株)日立メディコ
副主査	圓尾 拓也	技研興業(株)
委員	秋山 喜幸	東京計器アビエーション(株)
	加納 健一	技研興業(株)
	河裾 行人	螢光産業(株)
	佐々木亮一	螢光産業(株)
	笹嶋 一大	(株)フィリップスエレクトロニクスジャパン
	嶋田 伸明	東京計器アビエーション(株)
	西澤 祐司	サンレイズ工業(株)
	水谷 望	医建エンジニアリング(株)
	森 智	GEヘルスケア・ジャパン(株)
	横山 修	東芝メディカルシステムズ(株)
事務局	神谷 正己	一般社団法人日本画像医療システム工業会

2.2 審査：企画・審査委員会

委員長	小林 一郎	(株)日立メディコ
副委員長	藤田 直也	東芝メディカルシステムズ(株)
委員	内山 進	東芝メディカルシステムズ(株)
	早乙女 滋	富士フイルム(株)
	小柳 祥啓	富士フイルム(株)
	増尾 克裕	(株)島津製作所
	原 裕孝	コニカミノルタ(株)
事務局	神谷 正己	一般社団法人日本画像医療システム工業会

一般社団法人日本画像医療システム工業会が発行している規格類は、工業所有権（特許、実用新案など）に関する抵触の有無に関係なく制定されています。
一般社団法人日本画像医療システム工業会は、この規格の内容に関する工業所有権に対して、一切の責任を負いません。

J E S R A T R - 0 0 2 7 * A⁻²⁰¹⁴
2 0 1 4 年 9 月 発 行

発行者 一般社団法人日本画像医療システム工業会

〒112-0004

東京都文京区後楽 2-2-23 住友不動産飯田橋ビル 2 号館 6 階

TEL (03) 3816-3450 FAX (03) 3818-8920

URL <http://www.jira-net.or.jp>

禁無断転載

この規格の全部又は一部を転載しようとする場合には、発行者の許可を得て下さい。