

MR専門技術者認定試験対策講座 その2 スライス厚測定, T1値・T2値測定

北里大学医療衛生学部
尾崎正則

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

MR専門技術者とは

(役割)

- (1) MR装置の精度管理ならびに被検者および立入りの安全管理ができること。
- (2) 解剖学的、臨床医学的基礎知識を有すること。
- (3) 装置性能を最高度に発揮させ、目的を達成するための技術を有すること。
- (4) 地域活性化のために教育・指導ができること。

日本磁気共鳴専門技術者認定機構HPより抜粋

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

申請資格

- (1) 日本放射線技術学会、日本放射線技師会、日本臨床衛生検査技師会、日本磁気共鳴医学会、日本医学放射線学会、放射線専門医会・医会、日本医用画像システム工業会のいずれかに在籍して2年以上を経過した者。
- (2) MR操作経験年数については不問
- (3) MRに関する学術研究発表を3回以上（日本学術会議に登録された他学会もしくは世界的に認められた学会での発表でも可）、もしくは日本学術会議に登録された学会または世界的に認められた関連学術団体への投稿論文1編以上を有すること。なお、その学術研究発表は、日本医学放射線医学会では地方会、日本放射線技術学会では部会学術大会、日本放射線技師会では地域放射線技師会学術大会、日本臨床衛生検査技師会では地方会または地区学会以上とする。
- (4) 装置の精度管理： 機構が提示した装置の精度管理に関する性能評価を行った測定データを添付すること。
- (5) 施設の安全管理： 被検者ならびにスタッフのために施設が備えている安全管理マニュアルを添付すること。
- (6) 安全管理講習会： 認定試験を受けようとする者は、本機構が主催する安全管理講習会を受講しなければならない。

日本磁気共鳴専門技術者認定機構HPより抜粋
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

一装置性能評価試験の審査基準一

- (1) 測定法を理解しているか。
- (2) 正しい測定法が実施されているか。
- (3) 評価結果の根拠となるデータがもれなく記載されているか。
- (4) 結果を得るためのグラフが正しく書かれているか。
- (5) 評価を求めるための計算式が正しく記載されているか。
- (6) ファントムの形状ならびに測定結果は審査の対象になりません。
- (7) 評価試験に不備があった場合には、認定試験を受験することができません。

日本磁気共鳴専門技術者認定機構HPより抜粋
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

申請受託の可否に関しては一切責任は持てません。
ご了承ください。

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

性能評価試験項目

- ①S/N比測定
- ②均一性測定
- ③スライス厚測定
- ④T1値, T2値測定

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

本日のお話

- ①S/N比測定
- ②均一性測定
- ③スライス厚測定
- ④T1値、T2値測定

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

スライス厚測定

- 1) 2枚の楔形三角錐が交叉したスライス厚測定用ファントムの使用が望ましい。
- 2) 撮影条件は通常のspin echo法を用い、スライス厚は4~8mmとする。
- 3) 測定に際しコンピュータソフトを使用してもいいが、結果は正方眼紙1枚に測定方法とともに、得た数値の根拠となる計算式を表示する。
- 4) 楔形三角錐がひとつしかない場合や、当該ファントムを持ち合わせていない場合は、ファントムを作成もしくは独自の方法で求めてもよい。独自の方法を用いる場合は、信頼度を記す。

[参考]

○日本放射線技術学会編 臨床放射線技術実験ハンドブック（上）pp468-472

○National Electric Manufacturers Association : Determination of slice thickness in diagnostic magnetic resonance images, NEMA Standard Publication, M55 (1991)

日本磁気共鳴専門技術者認定機構HPより転載
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

スライス厚

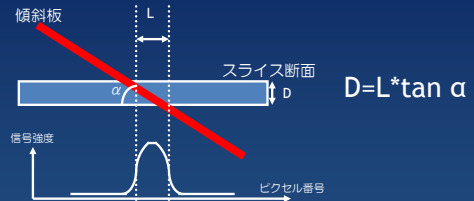
- ・スライス厚は、スライスプロファイルの半値幅として定義される。

スライス厚に関する因子

- ①傾斜磁場の不均一
- ②RFパルスの不均一
- ③励起と読み取りが不揃いなスライス選択パルス
- ④など...

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

測定原理



School of Allied Health Sciences, Kitasato University

使用ファントム



日興ファインズ工業株式会社
MRI JISファントム 型式 95-1108Z

(くさび法)



76-908 3D Slice Thickness/High Contrast resolution Phantom (AAPM)

傾斜板厚：2mm、撮像面と第1傾斜板との角度：45°、第2傾斜板は撮像面と第1傾斜板との角度：135°（補角）

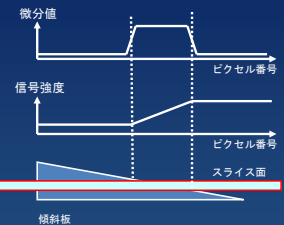
(傾斜板法)

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

くさび法

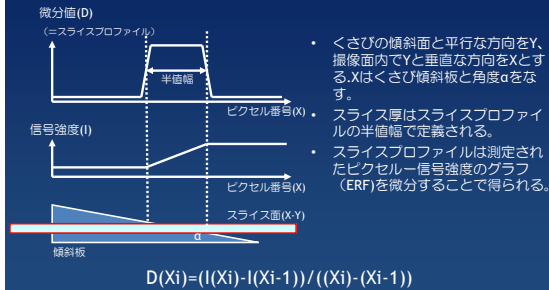
ファントム

- ・プラスチックのようなプロトンMR信号を発しない材料で作られた2つの独立したくさび板が交叉し、傾きによる誤差が補正できる構造になっている。第一のくさび平面は撮像面と α °、第二のくさび平面は $180-\alpha$ °（補角）となる。



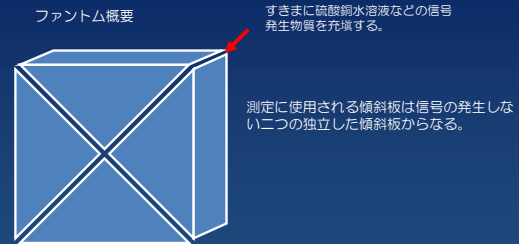
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

くさび法



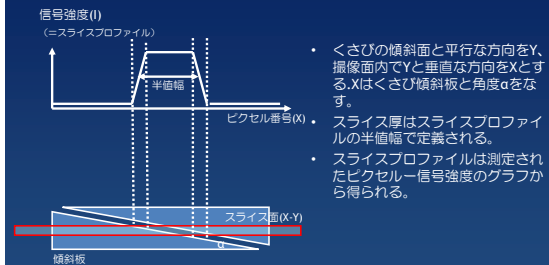
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

傾斜板法



School of Allied Health Sciences, Kitasato University

傾斜板法



School of Allied Health Sciences, Kitasato University

スライス厚測定 (参考条件)

- 使用ファントム：76-908 3D Slice Thickness/High Contrast resolution Phantom (AAPM)
- 傾斜板厚：2mm
撮像面と第1傾斜板との角度：45°
撮像面と第2傾斜板との角度：135° (補角)
- ファントム内容物：0.014M NiCl₂ · 6H₂O
T1値=120ms, T2値=64ms
- 使用コイル：ガントリー内蔵Body Coil
- 室温：18°C

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

スライス厚測定 (参考条件)

- 撮像条件
 - Spin echo法
 - TR:800ms(使用ファントムのT1値×5以上の値を使用),
 - TE:15ms
 - matrix size:512×512(分解能はなるべく高いほうが良い)
 - 加算回数：5 (SN比は高くすること)
 - 受信バンド幅±15.6kHz
 - 撮像断面：冠状断面,
 - スライス枚数：6
 - スライス厚/ギャップ：8/8mm (厚い方がSN比が有利)
 - FOV:20cm (matrix sizeで割りきれられるほうが楽)

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

スライス厚測定 (参考条件)

- 実験方法
 - 上記撮像条件にて撮像。(傾斜板部のSNRが10以上あることを確認)
 - スライスプロファイルを作成。この際、10個のプロファイルを加算平均した。
 - 傾斜板関数の直接測定からスライスプロファイルの最大値と最小値の1/2になる点の幅を求めた。
 - スライスプロファイルから得られた上記の幅にtan45°を掛けて真のスライス厚を求めた。

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

測定に有用なソフト

ImageJ

Image Processing and Analysis in Java

- ImageJはJavaで書かれたフリーソフトの画像処理プログラムで、<http://rsb.info.nih.gov/ij/> で配布されています。
- ImageJのJavaを用いることでプラグインを書くことが可能。
- DICOM画像を処理することが可能。
Installは解凍するだけ！

注：ImageJの使用方法など詳しくはwebなどを参考にしてください。

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

測定方法(ImageJ+Excelの場合)

- 画像を呼び出したらすぐに[Image]→[Duplicate]で画像を複製する。
- くさびの移行部分を四角ツールで囲み、[Image]→[Crop]で切り取る。
- [File]→[Save As]→[Text Image...]で保存する。
- もう一つのくさび画像も同様に処理する。
- これで1ピクセルずつが数値に変換される。

Signa・るに掲載されている

MR専門技術者性能評価試験手引き書より抜粋

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

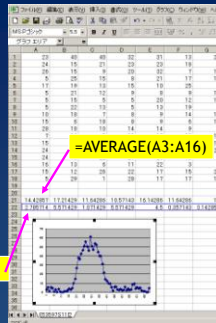
- ImageJで保存したTextファイルをEXCELで読み込む。

※「全てのファイル」を表示し、「区切り文字」としてタブとスペースを指定する。

- 画像の1ピクセルがEXCELの1セルに対応しているため、数ライン分の平均を取り、隣り合ったセルの差分を折れ線グラフにすると、スライスプロファイルとなる。

傾斜板法の場合はaverageのデータがスライスプロファイルになる

=B21-A21



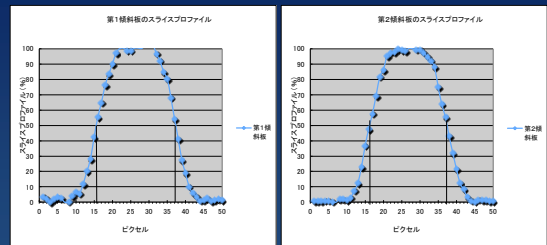
Signa・るに掲載されている

※図中のセル範囲は入力例です。実際のデータにより異なります。

MR専門技術者性能評価試験手引き書より抜粋

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

測定例（傾斜版法）

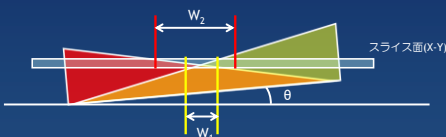


School of Allied Health Sciences, Kitasato University

傾きによる誤差の補正

第1傾斜板の誤差を θ とするとスライス面となす角が $\beta_1 = \alpha + \theta$ 、第2傾斜板となす角が $\beta_2 = \alpha - \theta$ となる。

第1傾斜板のFWHMを $W_1 = W / \tan \beta_1$ 、第2傾斜板のFWHMを $W_2 = W / \tan \beta_2$ 、 W を回転誤差がない場合のFWHMとしたとき次式が成り立つ。



School of Allied Health Sciences, Kitasato University

傾きによる誤差の補正

第1傾斜板の誤差を θ とするとスライス面となす角が $\beta_1 = \alpha + \theta$ 、第2傾斜板となす角が $\beta_2 = \alpha - \theta$ となる。

第1傾斜板のFWHMを $W_1 = W / \tan \beta_1$ 、第2傾斜板のFWHMを $W_2 = W / \tan \beta_2$ 、 W を回転誤差がない場合のFWHMとしたとき次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} & (\tan \beta_1 - \tan \beta_2) / (\tan \beta_1 + \tan \beta_2) \\ &= \sin(\beta_1 - \beta_2) / \sin(\beta_1 + \beta_2) \\ &= (W_2 - W_1) / (W_2 + W_1) = \sin 2\theta / \sin 2\alpha \end{aligned}$$

$$\theta = \frac{\arcsin((W_2 - W_1) / (W_2 + W_1)) \times \sin 2\alpha}{2}$$

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

本日のお話

- ①S/N比測定
- ②均一性測定
- ③スライス厚測定
- ④T1値, T2値測定

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T1値, T2値測定

- 1) 適当な溶液 (例: ガドリニウム希釈溶液など) を作成して測定対象物質を作成する。
 - 2) 装置に組み込まれた簡易法によらず複数の信号強度点から求める。
 - 3) T1値T2値を求めるための根拠となった片対数グラフとそのグラフからの読み取り値からT1値T2値を求めるための数値と計算式を示す。
- ※ 片対数グラフの取扱と、グラフの傾きを測定する場所に注意する。

[参考]

- オーム社「MR撮像技術学」pp274-276
- 核磁気共鳴医学会編：NMR医学，pp42-45，丸善株式会社

日本磁気共鳴専門技術者認定機構HPより転載
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T1値測定

- Invasion Recovery法でT1値を変えながら撮像する。
 - 対数グラフ上で直線になることを示すため、null pointより長く撮影5点以上は撮像する必要がある。
- 各スキャンのチューニング条件 (ゲイン等) は固定**
- (参考T1値 100・200・400・800・1000・1200 十分プラトーに達するまで長いTIまで撮像する)
- 横軸TI値、縦軸intensity (以下SI) でグラフを描いて確認する。
 - TRはファントムの縦磁化が回復するように長く設定 (TI×9以上) する。

実験時間を短縮するコツ

あまり長いT1値、T2値のファントムを使用しない!

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T1測定法 (IR法を用いた)

プロット方程式から下式が求まる。
(資料に記載されている参考文献参照)

片対数グラフの傾きは

$$\frac{[\log(M_0 - M_z(\tau))]/\tau = -\log e \times (1/T_1)}{\text{片対数グラフの傾きは} = -1/2.303 \times (1/T_1)}$$

となる。上記式よりT1値を求める。

測定結果より横軸を τ (TI)、縦軸を $(M_0 - M_z(\tau))$ でプロットした片対数グラフの傾きは (傾きを求めるため片対数グラフの直線データを使用)

$$\text{片対数グラフの傾き} = \frac{\{\log M_{\max} - \log M_z\} - \{\log M_{\max} - \log M_z\}}{(TI_{\max} - TI_z)}$$

$$T_1 \rightarrow -1 / (\text{片対数グラフの傾き} \times 2.303)$$

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T1測定 (参考条件)

使用ファントム: 500倍希釈 Gd-DTPA水溶液

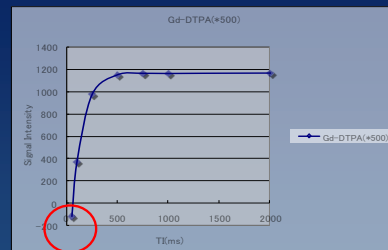
パルスシーケンス: Inversion recovery法

撮像条件

TR:10000ms, TE:15ms, TI:50~4000ms,
matrix size:256×128, 加算回数: 1,
受信バンド幅: ±15.6kHz, 撮像断面: 冠状断面,
スライス枚数: 1, スライス厚: 10mm,
FOV:30×15cm

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

参考データ

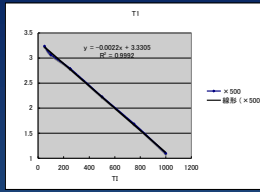


MR信号は絶対値で表示されますので、T1の短いポイントでは本来マイナスの値を持っている

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T1測定結果（近似曲線を使用）

TI	SI	Log(SI _{max} -SI)
50	325.54	3.114497559
100	16.21	2.982230516
200	411.7	2.751602394
500	866.3	2.040681439
1000	965.2	1.038222638



Excelで近似曲線を追加し、数式を表示させる。

$$T1 = -1 / (\text{片対数グラフの傾き} \times 2.303)$$

$$= -1 / (-0.0022 \times 2.303)$$

$$= 197.4\text{ms}$$

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T2値測定

- SE法（FSEではない）でTE値を変えながら撮像。
注：マルチエコー法はできれば使用しない！
- 対数グラフ上で直線になることを示すため、最低5点以上は撮像する必要がある。
各スキャンのチューニング条件（ゲイン等）は固定
- （参考TE値 50・100・200・400・600）
- 横軸TE値、縦軸intensity（以下SI）でグラフを描いて確認する。

実験時間を短縮するコツ

あまり長いT1値、T2値のファントムを使用しない！

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T2測定（SE法）

磁化の大きさをMx、TEをτとすると
ブロッホ方程式から下式が求まる。
（資料に記載されている参考文献参照）

片対数グラフの傾きは

$$\log_e Mx(\tau) = \log Mx(\tau) / \log_e$$

$$[\log Mx(\tau)] / \tau = -\log_e \times (1/T2)$$

片対数グラフの傾きは $= -1/2.303 \times (1/T2)$

上記式よりT2値を求める。

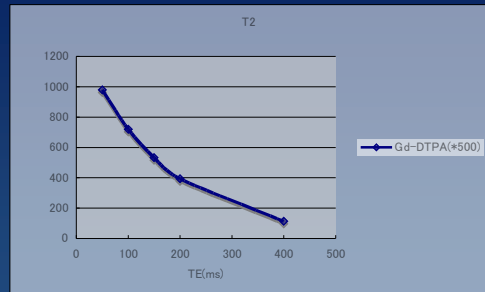
測定結果より

横軸をτ(TI)、縦軸をMx(τ)でプロットした片対数グラフの傾きは
片対数グラフの傾きは $=[\log Mx(TE1) - \log Mx(TE2)] / (TE1 - TE2)$

$$T2 = -1 / (2.303 \times \text{片対数グラフの傾き})$$

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

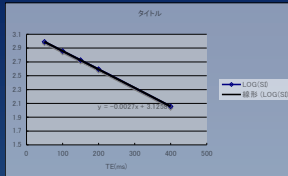
参考データ



School of Allied Health Sciences, Kitasato University

T2測定結果（近似曲線を使用）

TE	SI	LOG(SI)
50	979.21	2.990876
100	719.53	2.857049
150	533.4	2.727053
200	393.05	2.594448
400	113.77	2.056028



Excelで近似曲線を追加し、数式を表示させる。

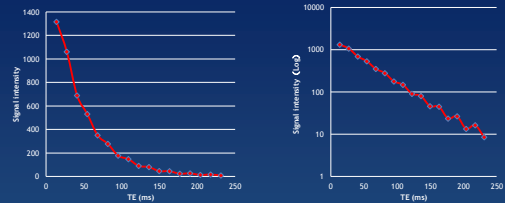
$$T2 = -1 / (\text{片対数グラフの傾き} \times 2.303)$$

$$= -1 / (-0.0027 \times 2.303)$$

$$= 160.8\text{ms}$$

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

マルチエコー法について



マルチエコー法を使用した場合、180°パルスの不正確さが問題になり上図に示すようにガタガタなグラフになってしまう。

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

測定時のT1(T1測定), TE(T2測定)の設定について

- 適当に決めてもうまくいきません...
(T1×5以上のTR, プラトーになるまでのT1など...)
→簡易法でT₁, T₂の見当をつけておくと楽です!

$$T_1 = \frac{TR_1}{\log_e(SI_2 / (SI_2 - SI_1))}$$

$$T_2 = \frac{TE_2 - TE_1}{\log_e(SI_1 / SI_2)}$$

$$TR_1 < TR_2, TE_1 < TE_2 \\ TR_2 \gg T_1$$

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

一装置性能評価試験の提出時の注意一

- (1) 上記4項目について、実際の装置で測定した**データ、結果、考察**をレポート形式で提出する。
- (2) 他の認定試験受験申請書類に同封して送る。
- (3) それぞれ**A4サイズの用紙1枚**ずつに計算結果ならびに模式図を書く。
- (4) ただし、**項目3は正方用紙が1枚、項目4は片対数グラフ用紙2枚と計算用A4版用紙1枚となり、合計6枚をホットキスでひと纏め**として提出する。最初のページの最上段に、施設名、氏名、使用装置名(メーカー名も)を記載する。
- (5) それぞれの試験において、**撮像条件を明記**する。また、**項目1と2では、使用したファントムの内容液も明記**する。
- (6) 同一施設で複数名申請する場合は、項目1: スキャンするスライス厚を変える。項目2: 撮像条件を変える。項目3: スライス厚を変える。項目4: 対象とする試料の溶液濃度を変える。などの対策を行って同じデータを使用しない。
- (7) **結果、考察などは簡潔に記載**してください。
- (8) 記載方法ならびに評価試験の内容についての質問には一切答えられません。

日本磁気共鳴専門技術者認定機構HPより抜粋
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

最後に

一装置性能評価試験の審査基準一

- (1) 測定法を理解しているか。
- (2) 正しい測定法が実施されているか。
- (3) 評価結果の根拠となるデータがもれなく記載されているか。
- (4) 結果を得るためのグラフが正しく書かれているか。
- (5) 評価を求めるための計算式が正しく記載されているか。
- (6) ファントムの形状ならびに測定結果は審査の対象になりません。
- (7) 評価試験に不備があった場合には、認定試験を受験することができません。

日本磁気共鳴専門技術者認定機構HPより抜粋
School of Allied Health Sciences, Kitasato University

参考文献

- 1) 松本満臣, 土井 司 編: 考えるMRI撮像技術, 東京: 文光社, 2007.
- 2) 日本放射線技術学会 編: 臨床放射線技術実験ハンドブック(上), 東京: 通商産業研究社, 1996.
- 3) 日本放射線技術学会 監修: 放射線技術学シリーズ MR撮像技術学(改訂2版), 東京: オーム社, 2008.

School of Allied Health Sciences, Kitasato University

- 今回の内容が皆様の認定試験対策の一助になれば幸いです。

検討をお祈りしております!

School of Allied Health Sciences, Kitasato University