

日放技師会誌 第47巻 第4号 通巻567号 平成12年3月25日印刷 平成12年4月1日発行(毎月1日発行) 昭和32年7月30日第三種郵便物認可 ISSN 0287-9395

JART 日本放射線技師会雑誌

2000

Vol.47 第567号

日放技師会誌 J.J.A.R.T

4



社団法人 日本放射線技師会

THE JAPAN ASSOCIATION OF RADIOLOGICAL TECHNOLOGISTS

学
術

Fast SE-FLAIR. flop angleによる 脳組織間コントラストの変動

長野 宣道

四天王寺病院放射線科 診療放射線技師

Contrast change among human brain tissues using various flop angles in the first spin-echo FLAIR method

Key words: MRI, FLAIR, fast SE, refocus pulse

要 旨 : FLAIRの特徴を維持し組織間コントラストのよい画像を得る目的で, Fast SE-FLAIR法の収束パルス反転角 (Flop angle: FI) を変化させ, 頭部組織間コントラストがどのように変化するかを検討した。

白質・灰白質間コントラストは反転角 (180° から90° に近づける) が小さくなるほどわずかに高くなり, 白質・脳脊髄液間コントラストではF190° ~110° でいったん下降, 110° を境に160° まで増加, 170° ~180° で再びわずかに下降した。

収束パルスの反転角が160° ~180° の範囲ではFLAIRの従来の特徴が維持され, 一方, 反転角を小さくするとプロトン密度強調画像に似た画像が短時間で得られた。

Abstract: Fast spin echo-FLAIR method of MRI is used for deletion of flowing spinal fluid. In order to brain images with better contrast while maintaining the merit of FLAIR. Human brain images were taken with narrow flop angles of refocusing pulse. The character of FLAIR images were maintained in the changes of flop angles from 180° to 160° and decreased at lower flop angles (160~90). On the other hand I found that the image like that of PDWI was obtained by using narrow flop angles near 90°. The PDWI like images were taken in a shorter time by this method than by usual PDWI.

目 的

FLAIR (fluid attenuated inversion recovery) 法はその目的が脳室・脳槽・脳溝内を流れる髄液の信号を抑え, 浮腫や梗塞部位内の滞留液成

分を高信号に描出する撮像法である。理論的にはIR法 (縦緩和時間を強調) であるが, 画質的には流動水 (髄液) の信号以外は, SE法のT₂強調画像に似ている^{1)~3)}。しかし, 白質・灰白質を区別する組織分解能はあまりよくない (図

Nobumichi Nagano
Department of Radiology, Shitennoji Hospital

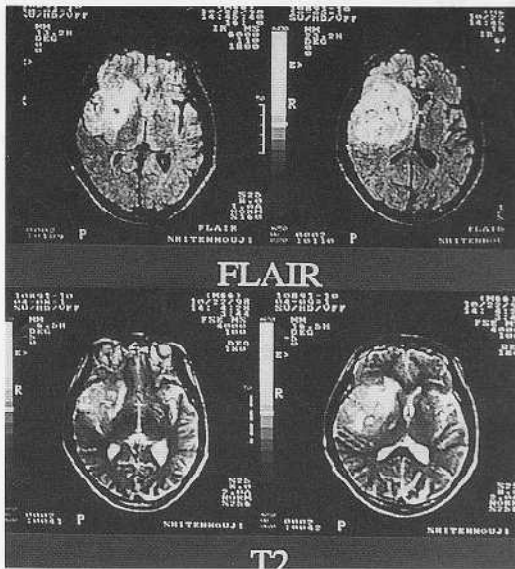


図1 FLAIRとT₂画像

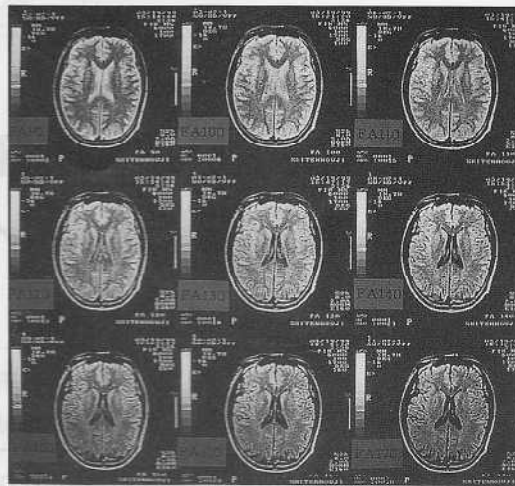


図2 FI90°~180°変化画像

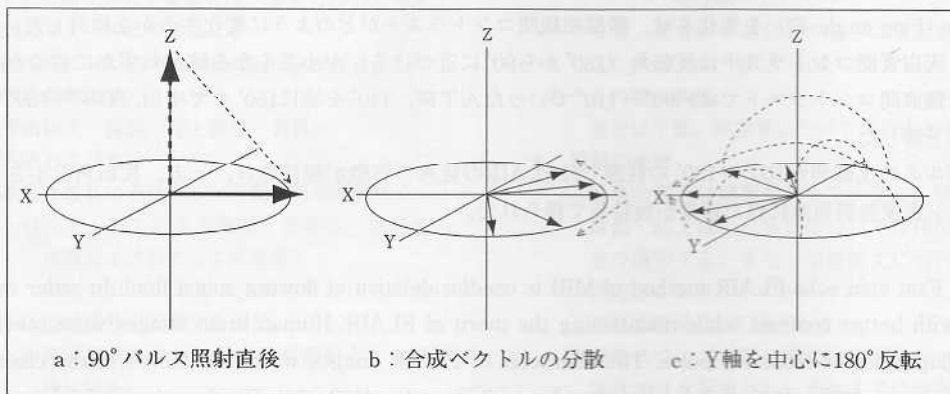


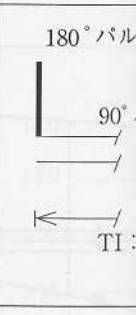
図3 90°パルス照射後の合成ベクトルM₀の動き

1)。

今回FLAIRの特徴を維持し、速い撮像時間でかつ組織間コントラストもよい画像を得る目的でfast SE-FLAIR法の収束パルス反転角〔東芝ではflop angle (以下FI)]を変化させ頭部組織間コントラストがどのように変化するか検討した(図2)。

理論

理論的には、90°パルス照射後拡散速度の違いで位相が異なったそれぞれのベクトルを同位相のベクトルに収束させるためには、三次元座標のX軸、Y軸どちらかを中心に180°反転させる。このためのパルスがrefocusing pulseや180°反転パルスなどと呼ばれているものである(図3)。



今回使用したf...
図4のようになる

対象

事前に同意を得...
5名: 22~65歳)

使用機器および

使用機器: 東芝M...
撮像条件: fast S...
100m...
ms, 9...
画像収集: MX12...
slice

方法

- (1)基礎実験として...
肉と脂肪を含む...
化させると信号...
ボランティア実...
- (2)IRの緩和式 (C...
ms, Youngの...
る白質・灰白質...
を代入しTIを...
成⁷⁾。このとき...
1700ms)をTI

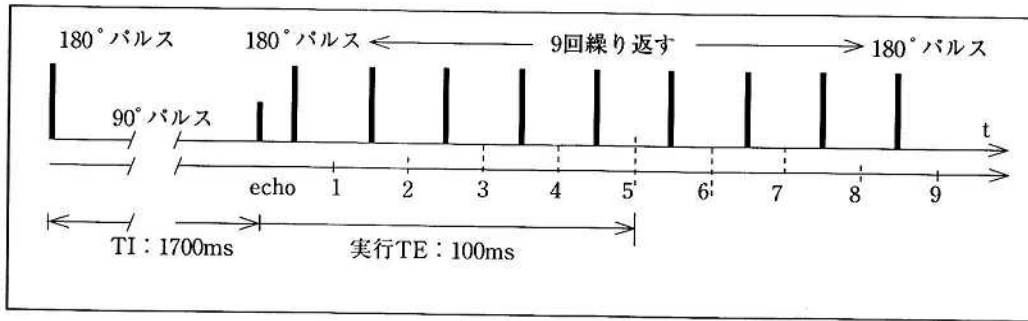


図 4 fast SE-FLAIRのパルス系列

今回使用したfast SE-FLAIRのパルス系列は図4のようになる^{4)~6)}。

対 象

事前に同意を得た男女10名(男性5名, 女性5名: 22~65歳)のボランティア。

使用機器および撮像条件

使用機器: 東芝MRT-50A

撮像条件: fast SE-FLAIR, TR 6000ms, TE 100ms, TI 1700ms, 実効TE 100ms, 9 echo

画像収集: MX128*256, 1A, Th8mm, single slice

方 法

- (1)基礎実験として魚肉ソーセージ・生ハム(筋肉と脂肪を含むもの)・錠剤を用い, FIを変化させると信号強度が変化することを確認しボランティア実験を行った。
- (2)IRの緩和式(①式)にTR 6000ms, TE 100ms, Youngの文献より引用した0.5Tにおける白質・灰白質・脳脊髄液の T_1 ・ T_2 値(表1)を代入しTIを変数として緩和グラフを作成⁷⁾。このときの脳脊髄液のnull point(約1700ms)をTIとして撮像シーケンスに用い

表 1 白質・灰白質・脳脊髄液の T_1 ・ T_2 値(島津:撮像法技術解説書より)

臓器	T2 (ms)	T1 (ms)
白質	92	537
灰白質	101	657
脳脊髄液	250	3000

た(図5)。

$$M = N_0 (1 - 2e^{-\frac{TI}{T_1}} + e^{-\frac{TE}{T_1}}) e^{-\frac{TE}{T_1}} \dots \dots \dots \text{①}$$

- (3)ボランティアに対し頭部側脳室レベルを, FI 90°~180°の間で10°刻みに撮像した。
- (4)前記で撮像した, それぞれの角度での同一部位の信号強度と背景信号を計測。Signal/ SD_{BG} より組織別信号強度とし, 白質・灰白質間, 白質・脳脊髄液間CNRを算出⁸⁾, FIと各組織信号との相関を比較検討した。

結 果

1) 組織別信号強度

白質・灰白質では全角度で際立った変化はみられなかった。脳脊髄液ではFI 110°より急激な信号減衰が見られFI 160°までその信号は下降した(図6)。

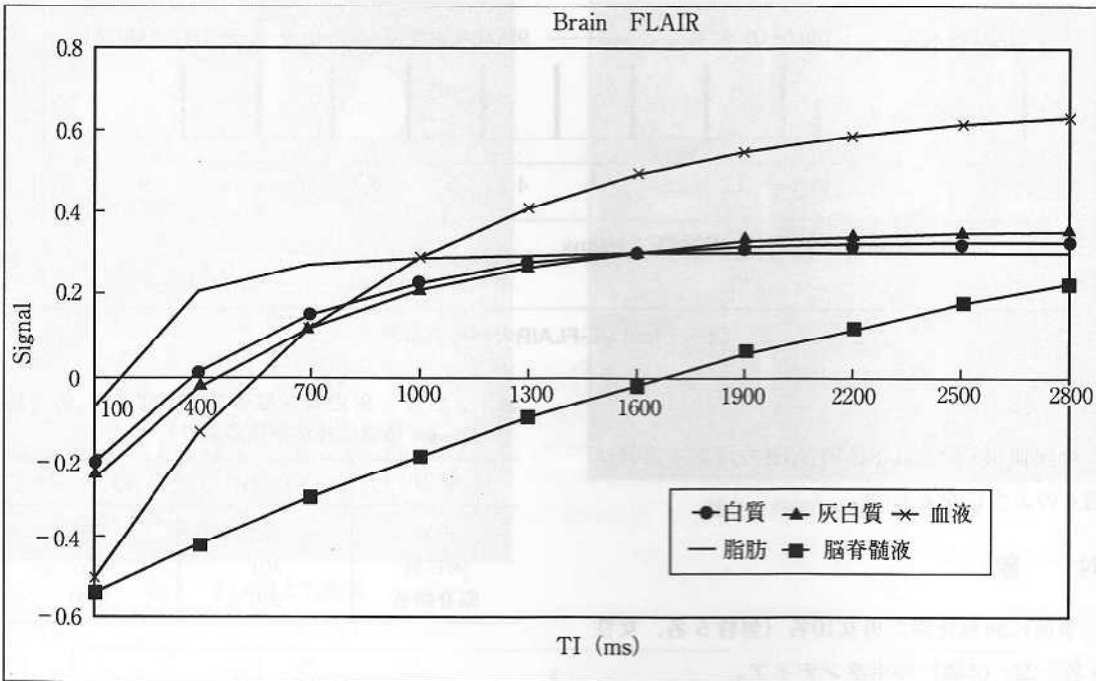


図5 IR緩和式 (①式) より作成したグラフ

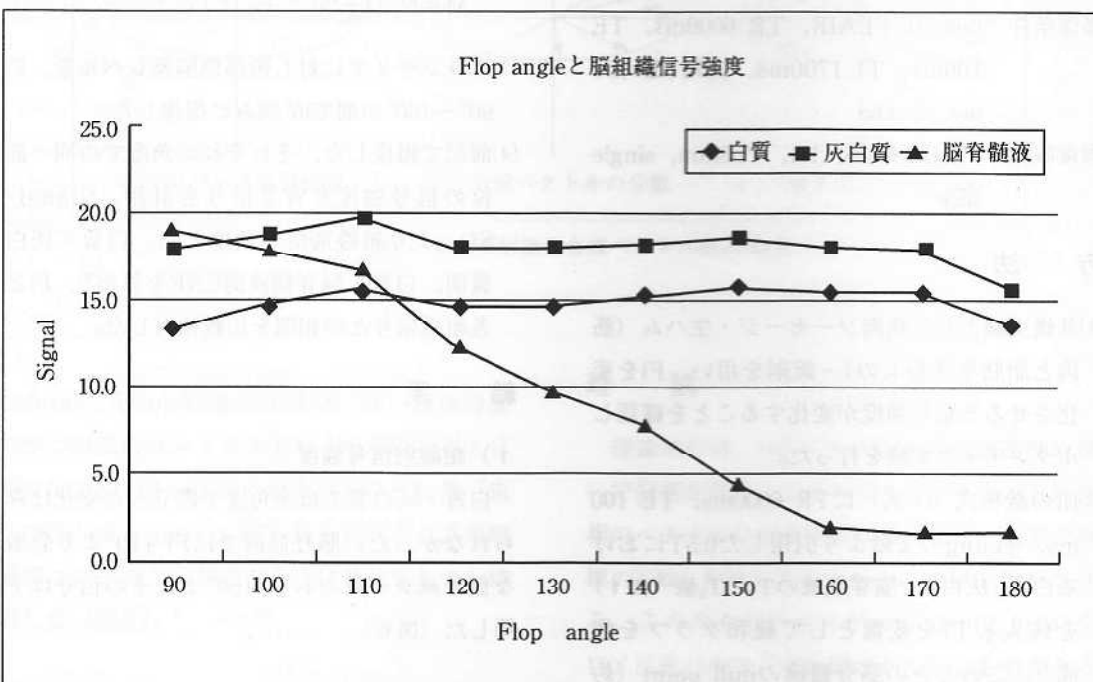
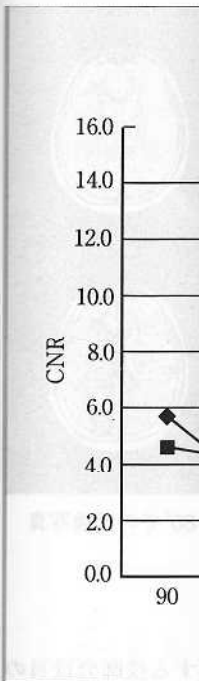


図6 各FIでの組織別信号強度



2) 組織間CNR

白質・灰白質間
がって軽度にな
CNRではFI 90°～
境に160°まで増加
下降した (図7)。

3) FI・組織信号

白質 Y =
灰白質 Y =
脳脊髄液 Y =

考 察

脳脊髄液信号は
上で最弱であり、
い負の相関がみら
を消去するよう

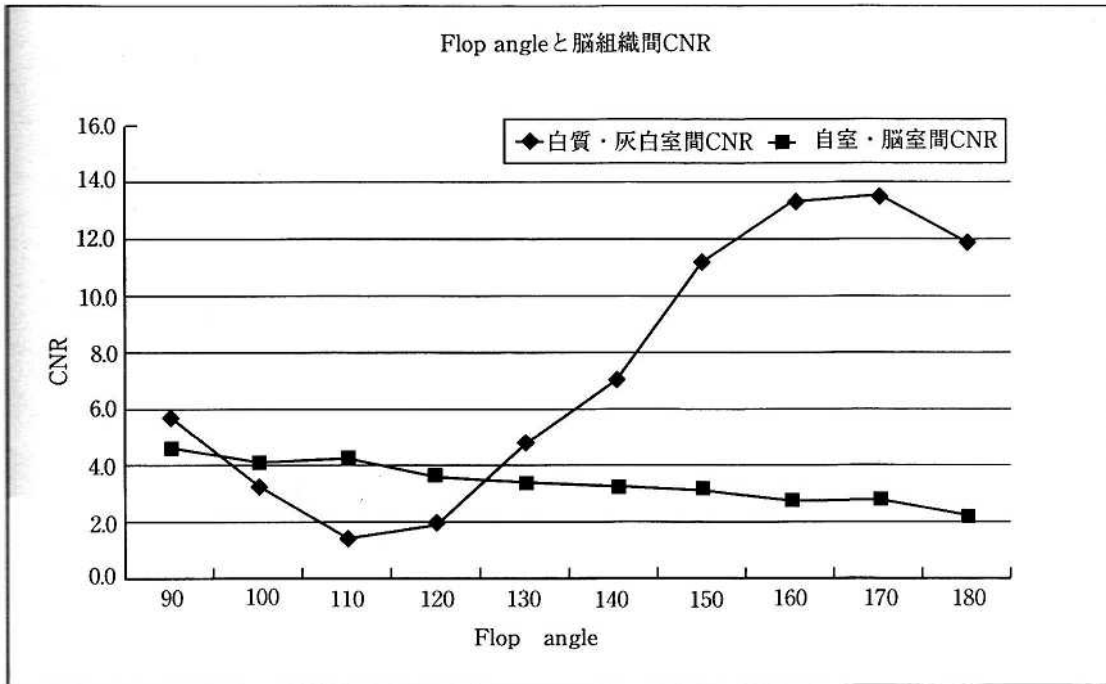


図 7 各FIでの白質・灰白質,白質・脳脊髄液間CNR

2) 組織間CNR

白質・灰白質間CNはFIが大きくなるにしたがって軽度小さくなった。白質・脳脊髄液間CNRではFI 90°~110°でいったん下降, 110°を境に160°まで増加, 170°~180°で再びわずかに下降した (図7)。

3) FI・組織信号相関

白質	$Y = 0.06X + 32.8$	$r = 0.73$
灰白質	$Y = -0.01X + 53.1$	$r = 0.19$
脳脊髄液	$Y = -0.61X + 107.1$	$r = -0.98$

考 察

脳脊髄液信号はFIにより大きく変化し160°以上で最弱であり, FIとの間に $r = -0.98$ という強い負の相関がみられた。本来, IR法で髄液信号を消去するようにTIを設定した。しかし, FIが

180°から90°に向かって小さくなるに従って髄液信号は大きくなっていった (収束パルスは180°が基本なので180°を中心に考える)。最初の180°パルスにより反転させられた合成ベクトル M_0 は時間を追ってZ軸上を回復する。次の, 合成ベクトル M_0 をX-Y平面に横倒しにするための90°パルスは髄液信号が0まで戻ったときに照射されている。したがって, X-Y平面上, 髄液の合成ベクトルは0で他の組織ベクトルのみが信号として残っているはずである。さらに, 一定時間 (τ) 後, X-Y平面にあり位相が分散したベクトルに対し収束パルスを繰り返し照射 (fast SE) するのであるが, X軸, Y軸を中心に反転角が180°であれば何回照射しても必ず髄液以外を合成するはずである。しかし, 角度を浅くすることにより理論上 $n\pi$ 周期 (n は反転パルスの照射回数) ではなく, 本来の髄液信

号が0の状態での合成ベクトルではなくなっている。反転角が 180° から離れるほど $n\pi$ の規則性が乱れ、ランダムな状態でプロトン位相を収集しているのではないだろうか。つまり、X-Y平面上に残る信号のなかで緩和時間という情報が少なくなり、どちらかというプロトンの存在状態のみを強く反映しているようである。

白質・灰白質間CNRはFIが小さくなるほど増加傾向にあり、白質・脳脊髄液間CNRはFI 160° ~ 170° ではほぼ最高であった。したがって、FLAIRの特徴を維持し少しでも白質・灰白質間のコントラストを求めるとすればFIを 180° で使用するよりもFI 160° ~ 170° で使用するほうが望ましい。

実際の実験写真上(肉眼で確認できる程度)でもFIが 90° に近づくほど白質・灰白質間のコントラストはよくなり、また髄液の信号が高くなり脳溝との境界の区別ができなくなってプロトン密度強調画像ようになっていた(図8)。

結 論

Fast SE-FLAIR法において、脳脊髄液の信号を消しながら白質・灰白質間のコントラストを高める目的でFIを変化させてみたが、顕著なコントラスト差はみられなかった。しかし、ある程度のコントラストを維持しながら脳脊髄液の信号を消す有効なFIは 160° ~ 180° であることが解った。

また、今回の実験でFIを 180° から 90° ($n\pi$ 周期の規則性を乱す)に小さくすることで短時間(FSE)でプロトン強調画像に似た画像が得られることが解った。

謝辞：今回この論文を執筆するにあたり筆者を推薦していただいた筑波大学・磯辺智範先生、またこのような機会を与えていただいた千葉大

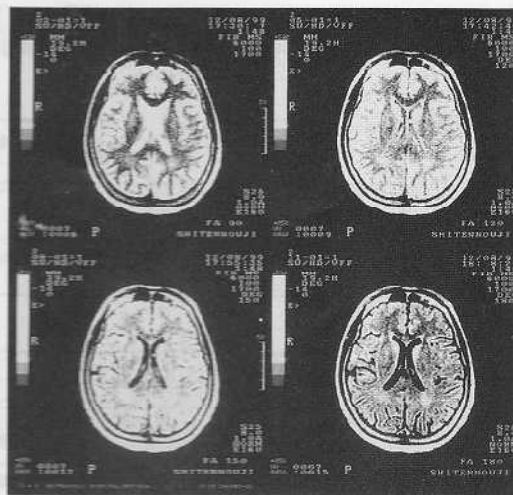


図8 FI 90° , 120° , 150° , 180° での実験写真

学・渡辺和洋先生をはじめとする技師会役員の先生方、実験をするにあたって快く施設提供およびボランティアを募っていただいた四天王寺病院院長・団野油樹先生ほか職員の方々、いろいろご教授いただいた奈良県立医科大学放射線科教授・打田日出夫先生ならびに吉川公彦先生をはじめとする医局員の先生方、大阪市立大学医学部生物物理学教室・木村正継先生、同中央放射線部・佐原朋広先生、高の原中央病院・島田育廣先生、東芝メディカル関西サービス・大窪達也氏に深謝します。

参考文献

- 1) 奥田智子・他：頭蓋内疾患におけるFLAIR法の有用性—プロトン密度強調画像との比較。第20回日本脳神経CI研究会，プログラム・抄録集，1997。
- 2) 興侶征典・他：MRIによる精密検査の落とし穴—1. 脳—MRI検査の進め方とピットホール—中枢神経領域。INNERVISION, 13・1, 19~25, 1998。

- 3) 山本直人
MRFLAIR法の試みて。新医療
- 4) 日本磁気共鳴
医学。丸善，19
- 5) 荒木 力・監
スト。メディカ
ヨナル，1999。

- 3) 山本直人・他：脳梗塞の診断における MRFLAIR法の有用性—脳ドックへの応用を試みて. 新医療, 11, 117~120, 1995.
- 4) 日本磁気共鳴医学会：基礎と臨床. NMR 医学, 丸善, 1991.
- 5) 荒木 力・監訳：MRIの基本—パワーテキスト. メディカルサイエンス・インターナショナル, 1999.
- 6) 荒木 力・監訳：MRI「超講義」. メディカルサイエンス・インターナショナル, 1999.
- 7) 島津製作所：島津磁気共鳴イメージング装置—SMT—撮影法技術解説書-B改訂・Xシリーズ-REV3.1, 2.1-3.5, 1993.
- 8) 中村 實・監修：MRI検査の実践—MR画像の画質評価法と品質管理—MRI検査の実践. 日本放射線技師会, 81~89, 1997.