

## MR分野 座長集約

### MRI 検査をストレスなく受けていただくために

- 騒音 -

座長 かつの厚生病院 放射線科 川又 渉(Wataru Kawamata)

#### 【座長集約】

今年のテクニカルミーティング(MRI分野)は、MRI検査を受けるうえでストレスとを感じる要因の一つである、騒音をテーマに取り上げました。MRIの検査音は、主に傾斜磁場コイルの振動が原因です。静音を図る技術は以前からありました。ハード的に真空状態を作り静音化を図る技術、音の原因となる傾斜磁場の立ち上がりを制御して、静音を図る技術などです。それらを用いても、多少の音が発生していました。真空化を用いた技術以外は、あまり普及していなかったと思います。

近年、ほとんど検査音を感じさせない技術が各社から登場してきました。しかし、撮像時間が延長する・パラメータの制限がある・撮像出来ないコントラスト画像がある等、あまり使い勝手の良くないイメージがあります。実際にどの程度の威力があるのか、騒音計を用いて測定していただきました。静音技術を使用した時としない時の音圧差を評価し、また、臨床に使用するためには、どのようにパラメータを組んだらよいのか等を、実験していただきました。以上を踏まえ、3施設の方に、自施設の静音技術の原理的な部分、実験結果を報告していただきました。

山形大学医学部附属病院の芳賀さんからは、サイレントスキャンについてお話していただきました。サイレントスキャンは、GE社の静音技術であります。ゼロTEと呼ばれる技術を持ち、K-スペースの埋め方も特徴的なシーケンスであります。

サイレントの技術は、すべてのスキャンには使用出来ない事や、スポークス数を変化させた場合、フリップアングルを変化させた場合等を実験していただきました。頭部では、撮像時間の延長が顕著であるということでした。

岩手県立一戸病院の坂本さんからは、SofToneとComforToneについてお話していただきました。両者とも、フィリップス社の静音技術であります。

SofToneの強さを段階的に変化させ、ComforToneと比較していただきました。撮像時間の延長がほとんどなく、診断に大きく影響する程ではなく、また、すべてのスキャンに使用可能なComforToneの方が、利便性に優れるということがあります。しかしながら、他社のようにほとんど音がしないというわけではなく、今後期待していきたいと思います。

秋田県立脳血管研究センターの高橋さんからは、Quiet Suiteについてお話していただきました。Quiet Suiteは、シーメンス社の技術となります。

エコスペースやバンド幅等の特性を、ファントム実験から導き出してくれました。ESを延長させることで音圧を下げるができます。しかし、分解能の低下などトレードオフも発生するので、使用方法を熟知しなければならないということです。静音パラメータを用い、さらに一工夫を加える(各種パラメータを最適化する)ことにより、さらなる撮像音低減が図れるということでした。

静音シーケンスは、小児MRI等の特殊な状況下での使用に限られているのが現状と思います。高速SE・GRE・SEシーケンスにおける静音技法とゼロTEによる静音技術は、原理的に別物です。ユーザーは、それぞれの特徴を理解して使用しなければなりません。静音技法は、今後も新しいシーケンスが登場してくることが予想されます。今回の3名の演者の発表を基にして、今後も注目していきたいと考えております。

皆様の現場での一助となれば幸いです。

### 静音技術

- GE 社製 -

山形大学医学部附属病院 放射線部 芳賀 和幸(Haga Kazuyuki)

#### 【はじめに】

近年、各メーカーより静音技術を搭載した装置がリリースされている。GEの静音技術としては、従

来から撮像可能なART(Acoustic Reduction Technology)、そして、2012年に発表されたSILENT SCANがある。今回はSILENT SCANを中心に、撮

像条件・音圧・撮像時間・画質の比較を行った。

### 【SILENT SCANを構成するテクノロジー】

SILENT SCANを実現するためには3つの要素 (Fig.1)が必要となる。

高安定な電源システムとは、X/Y/Z軸それぞれの傾斜磁場コイルに対して独立した3つの電源を持つことによって、傾斜磁場電源の安定性を向上させている。この新しい機構によって、ほぼ直線的な傾斜磁場を用いて信号を発生させることが可能となった。その結果として、傾斜磁場の振動はほぼ発生せず、ほとんど撮像音がしないことになる。

RFコイル技術とは、サイレントスキャンでは特殊なデータ収集のために、通常よりも極めて短いRF印可による励起が行われており、RF励起直後の瞬間から即座に信号の受信が始まる。この時、RFコイル側は送信時のモードから受信時のモードへ $\mu$ 秒オーダーの高速切り替えが必要となり、これを行うことをUltra-fast-switchingと呼んでいる。これによりTEは実質ゼロとなり、SilenzMRAにおいて、血流によるボクセル内の位相分散や磁化率によるアーチファクトの影響を大幅に抑えることができる。

専用ソフトウェア (Silenz)とは、新しい信号収集法と画像再構成法で、k-スペースの埋め方を従来の3D Cartesianではなく、3D Radial状にし、k-スペースの原点から外側へ放射状にデータを埋めていく構造になっている。

### 【Silenz T1条件変更の比較】

Silenz T1にて、下記の条件を変更し画質の比較を行った。

- 1.Recovery Time (0-500-1000 ms)
- 2.Spokes Per Segment (64-384-512)
- 3.FA (1-3-5度)
- 4.Prepare Time (200-450-700 ms)

当院のデフォルト値はRecovery Time (0 ms)、Spokes Per Segment (384)、FA (5度)、Prepare Time (450 ms)となっている。

### 【結果】

- 1.Recovery Timeをのばすことで、T1コントラストの改善は見られたが、それに伴い撮像時間の延長もみられた。
- 2.Spokes Per Segmentに関して、SilenzはRadial状にk-スペースをエンコーディングするデータ収集法を用いており、一つのセグメント当たりのスポーク数を増やすことで撮像時間の短縮につながる。条件を変更したことによる撮像時間の差異はあるが、画質の違いは見られなかった。

3.FAでは、デフォルトで使用している5度よりも3度のほうがコントラストの良い画像が得られたため、今後再検討が必要である。

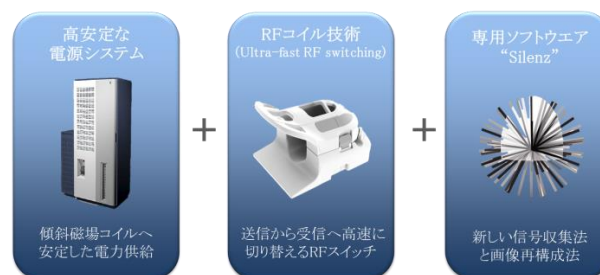


Fig.1 SILENT SCANを構成するテクノロジー

4.Prepare Timeに関しては、700 msにて撮像時間の延長が多少あるが、良好なコントラストが得られた。

### 【通常音と静音の撮像時間・音圧・画質の比較】

音圧測定位置はガントリ開口部より、2.5 m、高さをガントリ中心とし、測定値は撮像中に変動があるため、おおよその中間値とした。想定部位は頭部・脊椎・腹部。画質評価は良-同等-悪の3段階で評価した。

### 【結果】

#### ・頭部

撮像時間に関しては、通常音に対して静音は、各シーケンスで19秒~2分29秒の延長が見られ、総撮像時間で比較すると8分31秒の延長が見られた (Table 1)。音圧測定では、環境音55.6 dBであったのに対し、通常音では約+30~40 dB、静音では約+1~25 dBの上昇が見られた。その中でもSILENT SCANを用いたシーケンスでは、環境音+15 dB以内となった (Fig.2)。静音を用いることで、通常音に対し最大で33.4 dBの低減が可能となった (Table 1)。画質に関しては、通常音に対して静音が、同等~悪という評価になった。しかし、Silenz MRAではTOF-MRAに比べ、血流によるボクセル内の位相分散や磁化率によるアーチファクトの影響が抑えられ画質評価は良という結果となった (Table 1)。

#### ・脊椎

撮像時間に関しては、T2WI・T1WIともに数秒程度の延長のみだった (Table 2)。音圧測定でも頭部同様、環境音55.6 dBであったのに対し、通常音では約+30 dB前後、静音では約+6~23 dBの上昇が見られた (Fig.3)。静音技術を用いることで、通常音に対し最大で21.7 dBの低減が可能となった (Table 2)。画質に関しては、通常音に対して静音が、同等~悪という評価になった (Table 2)。



Fig.2 頭部音圧測定結果

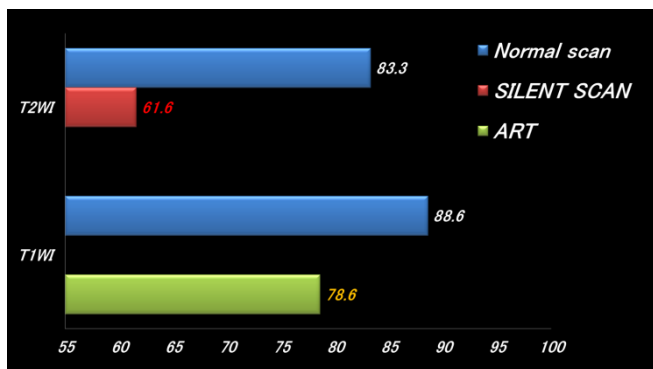


Fig.3 脊椎音圧測定結果

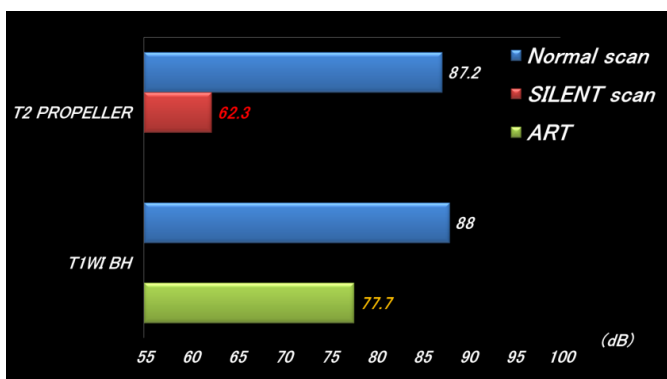


Fig.4 腹部音圧測定結果

#### ・腹部

撮像時間に関しては、T2Wにて1分程度延長がみられた。(Table 3)音圧測定でも頭部同様、環境音55.6 dBであったのに対し、通常音では約+30 dB前後、静音では約+7~22 dBの上昇が見られた(Fig.4)。静音を用いることで、通常音に対し最大で24.9 dBの低減が可能となった(Table 3)。画質に関しては、通常音に対して静音が、同等~悪という評価になった(Table 3)。

#### 【まとめ】

SILENT SCANを用いることで、特にSilenzT1・

#### 【参考文献・図書】

1) MRI「超」講義 Allen D. Elster 荒木 力監訳 医学書院MYW

Table 1 頭部結果

Normal Scan	SILENT Scan	Scan time	dB差	画質評価
T2WI	SILENT T2WI PROPELLER	+ 0:26 s	- 22.3 dB	同等
T1WI	T1 ART	+ 0:19 s	- 8.9 dB	同等
FALIR	SILENT FLAIR PROPELLER	+ 2:29 s	- 18 dB	同等~悪
DWI EPI	SILENT DWI PROPELLER	+ 2:03 s	- 23.9 dB	悪
TOF-MRA	Silenz MRA	+ 2:01 s	- 33.4 dB	良
T1-3D	Silenz T1	+ 1:01 s	- 27.4 dB	悪

Table 2 脊椎結果

Normal Scan	SILENT Scan	Scan time	dB差	画質評価
T2WI	SILENT T2WI PROPELLER	+ 0:05 s	- 21.7 dB	同等~悪
T1WI	T1WI ART	+ 0:00 s	- 10.0 dB	同等

Table 3 腹部結果

Normal Scan	SILENT Scan	Scan time	dB差	画質評価
T2 PROPELLER	SILENT T2WI PROPELLER	+ 1:13 s	- 24.9 dB	悪
T1WI BH	T1WI BH ART	+ 0:00 s	- 10.03dB	同等

MRAでは環境音+3 dB以内、通常音に対しては-30 dB前後の低減が可能であった。その他のシーケンスに関しても、通常音に対して、-18~25 dBの低減が見られた。ただし、撮像時間は部位や設定にも依存するが、全体的に数分の延長が見られ、画質に関しても多少画質の劣化が見られるため、臨床においては患者ごとに使い分けていくことが重要であると考えられた。しかし、静音であるメリットは患者にとって多くあり、特に鎮静を必要とする小児や、検査への恐怖心がある患者にとっては優れた技術であると考えられる。

2) 金森勇雄 他：MRの実践 医療科学社

# 当院 MRI 検査の静音化について

岩手県立一戸病院 放射線技術科 ○坂本 真一(Sakamoto Shinichi)  
田村 真理子 五日市 昭弘 小岩 洋一

## 【はじめに】

近年静音技術により、快適な環境下でMRI検査を受けられるようになってきている。当院でもPHILIPS社製Ingenia 1.5 Tが導入され、静音技術が使用可能となった。当院は精神科が大半を占める病院のため、より検査ストレスの少ない環境を整えることは、検査を行う上で大切な要素である。PHILIPS社の静音技術であるSofToneと、新たに開発されたComforToneについて、音圧・撮影時間・画質について比較検討したので報告する。

## 【方法】

頭部・腹部・椎体(腰椎)それぞれの部位について、通常時と静音シーケンスの音圧を測定し撮影時間をコンソール上で確認した。画質については放射線科医1名、技師4名による5段階の視覚的評価を行った。

音圧の測定位置は、ガントリ開口部より2.5 m、高さはガントリの中心とした。

頭部について通常ルーチン、通常ルーチン+ComforTone(ComforToneのみ付加・パラメータ調整なし)、静音ルーチン(実際に使用している静音のシーケンス・ComforTone使用)、この3つで測定を行った。腹部、椎体に関しては、通常ルーチン、静音ルーチン(ComforTone使用)で測定を行った。

静音技術の比較では、通常ルーチンのシーケンスにそれぞれComforTone・SofToneを付加。ComforToneのみを付加した音圧を確認し、SofToneを段階的に変え、ComforToneと同程度の音圧に設定し、撮影時間・画質について比較検討を行った。

## 【結果】

頭部通常ルーチン+ComforToneは通常ルーチン

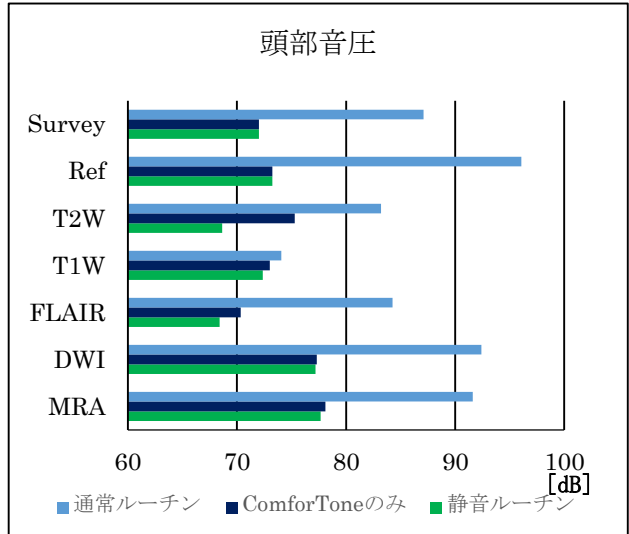


Fig.1 音圧測定結果(頭部)

と比較して、約70%~80%近く静音化されていた(Fig.1)。T1WIは静音化が低い結果となった。撮影時間は、DWIのみ13秒の増加となり、他のシーケンスには変化がなかった(Fig.2)。画質ではSurvey・T1WIは同等で、他のシーケンスは画質の劣化が見られた。

頭部静音ルーチンは通常ルーチンと比較して、約70%~80%に静音化された(Fig.1)。T2WI・FLAIRでは、通常ルーチン+ComforToneよりさらに静音化されていた。撮影時間が延長したシーケンスがいくつかあった(Fig.2)。画質は、通常ルーチン+ComforToneより劣化が少なく、通常と同等と評価されたシーケンスが多かった

腹部静音ルーチンは通常ルーチンと比較して、各シーケンス約90%に静音化された(Fig.3)。撮影時間はT2WIで24秒の増加があり、他のシーケンスでは変化はなかった(Fig.4)。画質について差異は見られなかった。

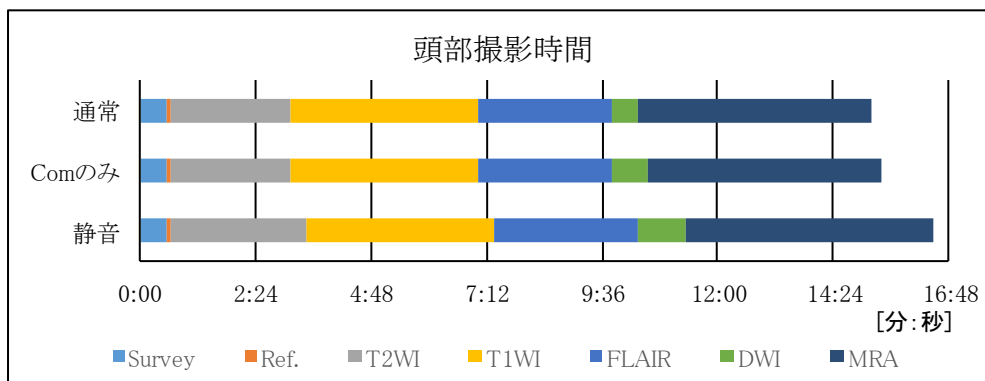


Fig.2 撮影時間の変化(頭部)

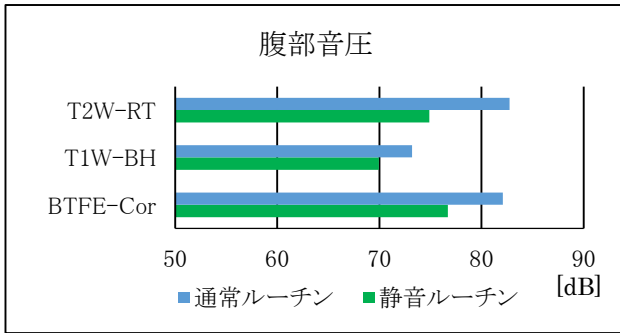


Fig.3 音圧測定結果(腹部)

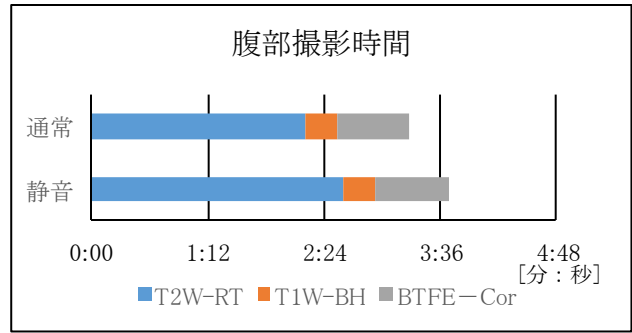


Fig.4 撮影時間の変化(腹部)

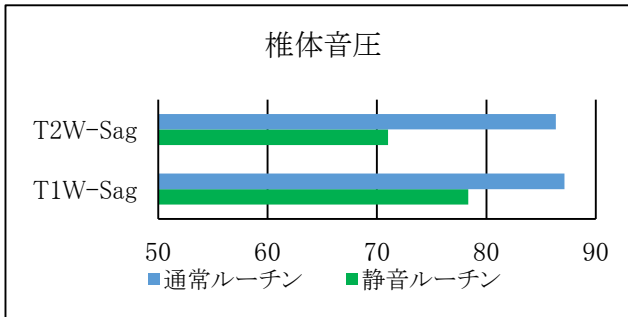


Fig.5 音圧測定結果(椎体)

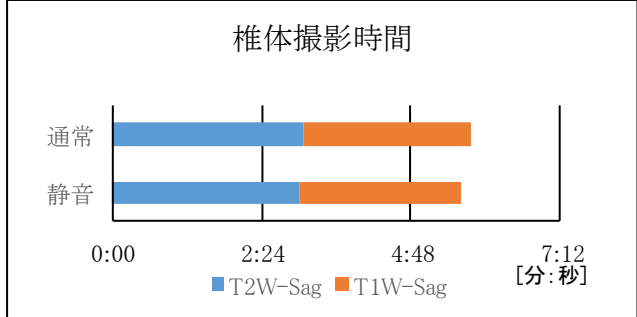


Fig.6 撮影時間の変化(椎体)

椎体では、静音ルーチンは通常ルーチンと比較して、各シーケンス約85%に静音化されており (Fig.5)、撮影時間は若干撮影時間が短くなっていた (Fig.6)。画質ではT1WI、T2WI共に、どちらかという悪いという結果となった2つの静音技術の比較では、ComforToneとSofToneに撮影時間、画質に大きな差はみられなかった。

### 【考察】

#### ・音圧について

静音技術を用いても全てのシーケンスが約70 dB以上と、うるさいと感じるレベルであり、全く気にならないというわけではない。しかし通常時と比較し、高音部分がカットされ、鋭い音から柔らかい音へ変化し、検査時のストレスの軽減が図れると考える。

#### ・撮影時間について

シーケンスによって撮影時間の延長があったが、頭部で1検査1分18秒の増加であり、大きく撮影時間の延長とはならず、日常の検査に用いても問題にならないと考える。

#### ・画質について

辺縁のボケ、鮮鋭度の低下、コントラストの低下

が見られたシーケンスもあったが、診断に大きく影響する程ではなく、シーケンスによっては、静音化を図りながら同程度の画質を維持できていた。極端な撮影条件の変更をしなければ、静音技術を使用しても問題ないと推察する。

#### ・静音技術の比較について

ComforToneとSofToneを比較すると、撮影時間、画質に大きな差はなかったが、実際の検査において、各シーケンスでSofToneの設定できる段階は異なり、診断可能な画質を維持しつつどの段階まで静音化が可能なのか判断が難しいと考えられる。シーケンスごとに画質・静音パラメータを最適化し、リファレンススキャンも含めた検査全体を静音化できるComforToneは利便性に優れる。

### 【まとめ】

静音技術を使用することで約70~90%に静音化された。撮影時間・画質の変化は、検査や診断に大きく影響する程の変化はなかった。今後の更なる開発に期待したい。



# MRI 検査をストレスなく受けていただくために(騒音)

秋田県立脳血管研究センター 放射線科診療部 高橋 一広(Takahashi Kazuhiro)

## 【はじめに】

MRI検査では装置や撮像するシーケンスにより大音量の撮像音が発生する。傾斜磁場を高速に切り替えることによって電磁力が生じ、電磁力によってコイルが振動することが主な原因である。

シーメンス社の静音シーケンスであるQuietは傾斜磁場の最適化を行い、傾斜磁場の変動が少なくなるよう印加することで撮像音の低減を図っている(Fig.1)。

Quietでは、Echo space (ES)の延長、Asymmetric echoの使用、Band Width(BW)の広帯域化、RF pulse typeの変更といった手法を用いることでさらなる静音効果を得ることができる。今回、これらの静音効果と画質特性を評価した。

## 【方法】

当院で使用しているシーメンス社製MRI Skyra VE11 3 Tを用いて基礎的検討を行った。

### 1.ファントム撮像による評価(Fig.2)

対象としたシーケンスは臨床利用を想定した① T1W\_GRE、② T2W\_TSE、③ T1W\_SE、④ T2W\_FLAIR。撮像条件をTable 1に提示する。音圧測定器(MT 901A)をガントリ開口部から2.5 m、高さ1 mの位置に設置し、従来条件と静音条件の撮像音(ピーク音圧レベル)を測定し比較した。また画質評価としてSNR、空間分解能を評価した(Fig.2)。

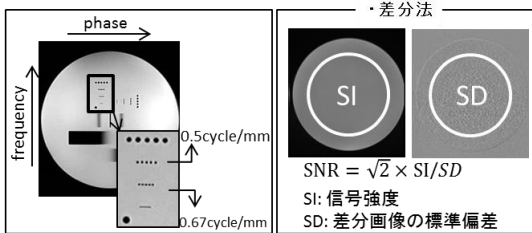


Fig.2 画質評価

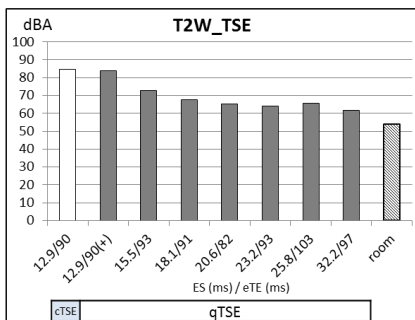


Fig.3 TSEの音圧レベル

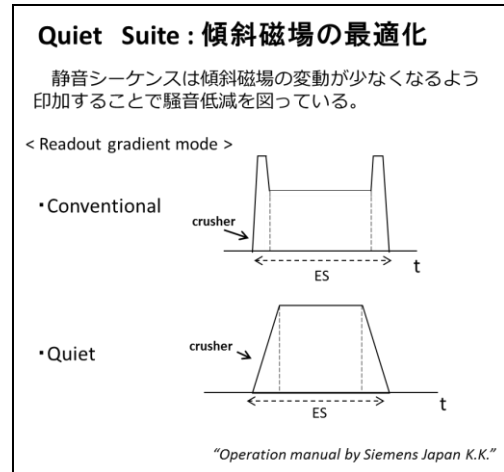


Fig.1 Quiet

特徴的な変化を示したT1W\_GREとT2W\_TSEの結果を提示する。

### 2.ボランティア撮像による評価

検討の同意を得た健常ボランティアを撮像し、従来条件と静音条件の撮像音を比較した。また、画質を目視にて比較した。

## 【結果】

### 1.ファントム撮像による評価

#### 1)ESの延長

T2W\_TSEの結果を提示する。

ESを延長させると撮像音、位相方向の空間分解能ともに低下した(Fig.3、4)。空間分解能

Table 1 撮像条件

	T1W_GRE	T2W_TSE	T1W_SE	T2W_FLAIR
TR(ms)	15	4000	500	12000
eTE(ms)	6.15	90	10	95
TI(ms)				2700
ES(ms)		12.9		9.45
FOV(mm <sup>2</sup> )	230	230	230	230
Voxel size(mm <sup>3</sup> )	0.4x0.4x5.0	0.4x0.4x5.0	0.7x0.7x5.0	0.7x0.7x5.0
BW(Hz/pixel)	220	140	170	182
TF		10		15
RF pulse type	Fast	Normal	Normal	Fast
Symmetric Echo	Allowed			

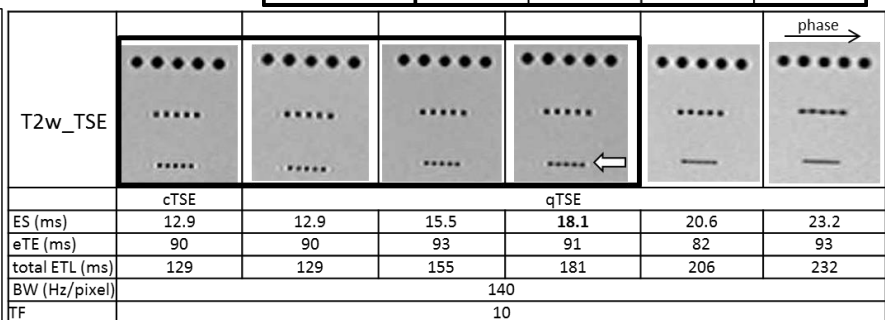


Fig.4 TSEの空間分解能

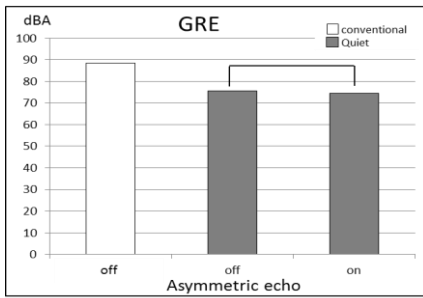


Fig.5 GREの音圧レベル

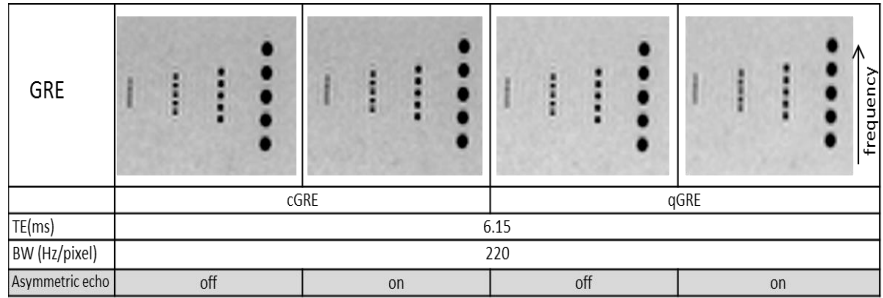


Fig.6 GREの空間分解能

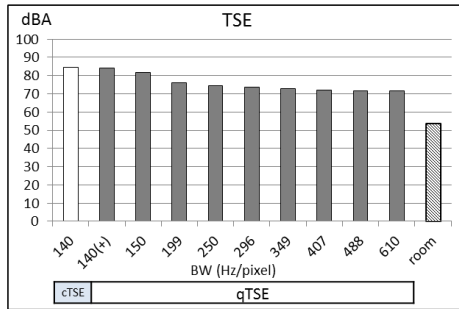


Fig.7 TSEの音圧レベル

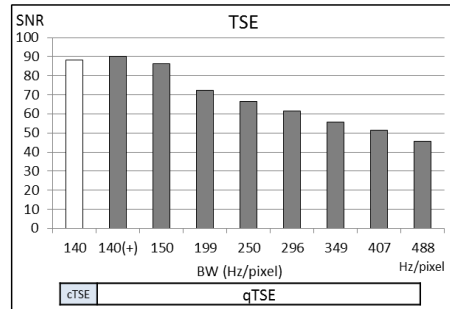


Fig.8 TSEのSNR

の低下はESを延長させたことで全エコーの収集時間が延長し、ブラーリングが発生したためと考えられる。TF=10の場合、ES=18.1 msまでは分解能が維持可能である判断した(Fig.4 矢印)。

2) Asymmetric Echoの使用

T1W\_GREの結果を提示する。

Asymmetric Echoの使用の有無による撮像音の変化は確認できなかった(Fig.5)。空間分解能は、Quietを使用したAsymmetric Echoありの条件で、周波数方向で低下している印象を受けた(Fig.6)。非対称エコーは、高周波成分のエコー収集を一部省いて収集しているためと考えられた。

3) BWの広帯域化

T2W\_TSEの結果を提示する。

BWを広帯域にするほど撮像音・SNRは低下した(Fig.7, 8)。SNRはバンド幅の平方根に反比例するため、極端な広帯域BWによる静音効

果は実用的ではないと考える。面内空間分解能に変化は見られなかった。

4) RF pulse typeの変更

T2W\_TSEの結果を提示する。

RF pulse typeの変更による撮像音の変化は見られなかった(Fig.9)。空間分解能も変化は見られなかった。SNRはRF pulse typeの変更により僅かに変化した(Fig.10)。スライスプロファイルが変更されたことが原因であると考えられる。

ファントムを用いたT2W\_TSEの検討では、ESの延長とBWの広帯域化によって静音効果を確認できた。しかしながら同時に画質の劣化も認められた。結果から、TF=10のとき、ES=18 ms程度に延長することで画質を維持しつつ静音効果を得られた。

2. ボランティア撮像による評価

シーケンス毎のファントム検討結果から静音効果と画質が両立する条件を設定し、ボランティ

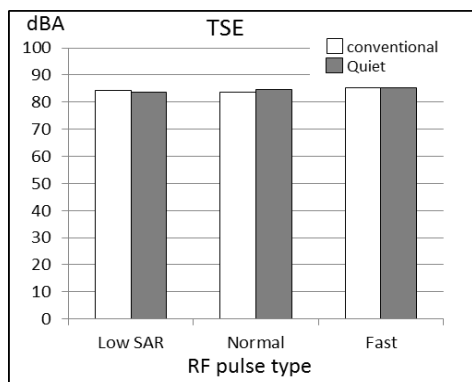


Fig.9 TSEの音圧レベル

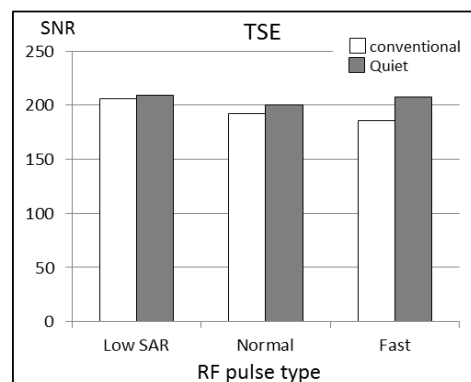


Fig.10 TSEのSNR

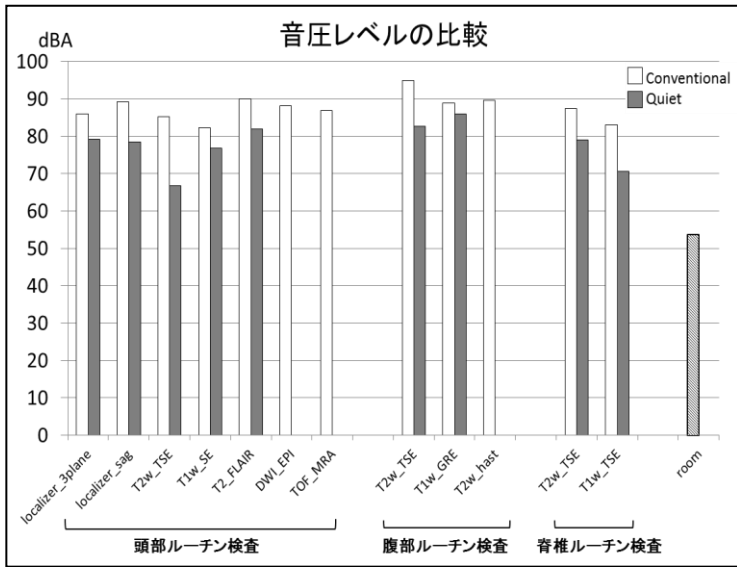


Fig.11 ボランティア撮像の音圧レベル

Table 2 撮像条件

	T1W_GRE	T2W_TSE	T1W_SE	T2W_FLAIR
TR(ms)	15	4000	500	12000
eTE(ms)	6.15	91	11	99
TI(ms)				2700
ES(ms)		18		11.1
FOV(mm <sup>2</sup> )	230	230	230	230
Voxel size(mm <sup>3</sup> )	0.4x0.4x5.0	0.4x0.4x5.0	0.7x0.7x5.0	0.7x0.7x5.0
BW(Hz/pixel)	220	140	170	182
TF		10		15
RF pulse type	Fast	Normal	Normal	Fast
Symmetric Echo	Allowed			

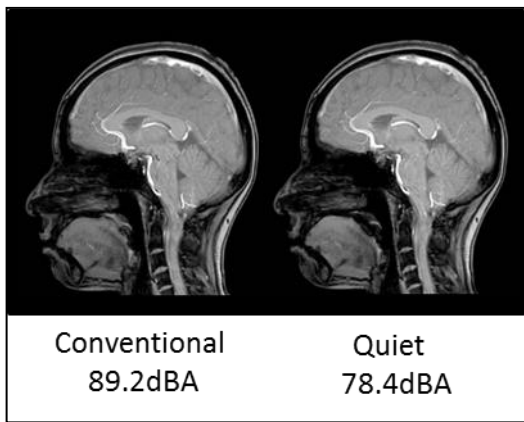


Fig.12 T1W\_GRE

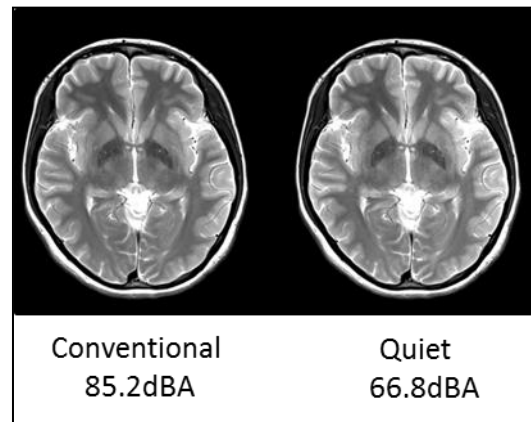


Fig.13 T2W\_TSE

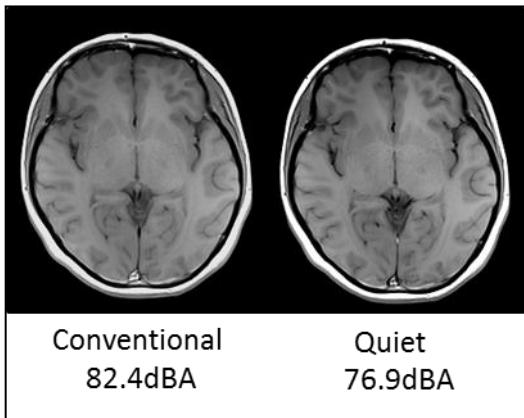


Fig.14 T1W\_SE

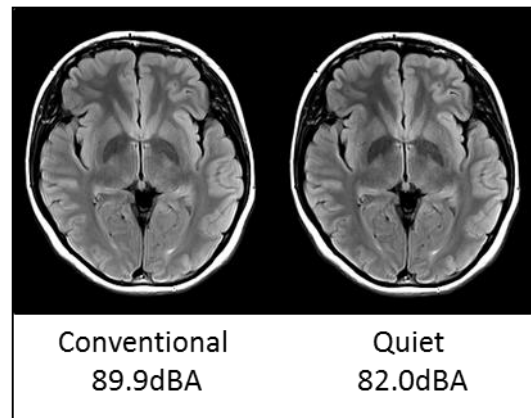


Fig.15 T2W\_FLAIR

ア撮像を行った。ボランティア撮像の結果を提示する (Fig.11)。静音条件はTable 2のように設定した。丸で囲んだ値は従来条件より変更した値である。撮像音は検討した全ての静音条件で従来条件を下回り、画質に大きな変化は見られな

かった。頭部撮影のボランティア画像を以下に示す (Fig.12~15)。

【結語】

静音パラメータの至適化は静音効果だけでなく、画質特性も考慮して行うことが重要である。

【参考図書】

シーメンス社 syngoMR E11 Information 27-28