

## 「16ch・32ch・QD Head coil の SNR、均一性の比較」

～ファントムによる検討～

埼玉県済生会栗橋病院

○長 真由美 渡邊 城大 岩井 悠治 西井 律夫 栗田 幸喜

### 1. 背景

1946年にブロッホ氏とパーセル氏によりNMR現象に関する論文が発表された<sup>1,2)</sup>。その後、1970年代には画像診断におけるMRIの研究が進み、1980年代以降はMRアンギオグラフィ、拡散強調MRI (diffusion weighted imaging : DWI) などさまざまな撮像方法が瞬く間に発表された<sup>3,4)</sup>。

現在では、高磁場化が進み3テスラの磁場強度を持つMRI装置が普及しつつある。全国で使用されているMRI装置は約6800台であり、そのうち3テスラMRI装置は600台以上で全体の約1割を占めており、今後も増加すると思われる<sup>5)</sup>。

当院でも例外ではなく、2台所有しているMRI装置のうちの1台を、2014年10月に1.5テスラから3テスラ装置へと更新した。それにともない、付属しているコイルも一新され、頭部用としては、16channelのphased array coilである16ch Atlas SPEEDERヘッドコイル、32channelのphasedarray coilである32chヘッドSPEEDERコイル、およびquadrature coilであるQDコイルの3種類が新規導入された。

### 2. 目的

それぞれのコイルには特徴があり、日常的に臨床の現場で使用するには、メリットやデメリット、また撮像部位や症例に応じて使用コイルを使い分けることで有用な画像が得られ、読影や診断にさらに有益な情報を提供できることを考慮すべきである。そのための検討として、各頭部用コイルにおける基本特性を把握することが今回の目的である。具体的には、それぞれの頭部用コイルについての信号値・SNR (signal-to-noiseratio) ・均一性を測定すると共に比較および検討を行った。

### 3. 方法

#### 3-1 使用機器

・MRI装置

Vantage Titan 3T Saturn Gradient Option (東芝メディカルシステムズ株式会社)を使用した。

・使用コイル

16ch Atlas SPEEDERヘッドコイル (以下16chコイル)、32chヘッドSPEEDERコイル (以下32chコイル)、頭部QDコイル (以下QDコイル) の3種類を用いた (図1～3)。



図1 : 16ch Atlas SPEEDER ヘッドコイル



図2 : 32ch ヘッド SPEEDER コイル



図3 : 頭部 QD コイル

・使用ファントム

直径 17.0cm の円柱型で、内溶液が硫酸銅 (T<sub>1</sub> 値 = 168msec, T<sub>2</sub> 値 = 110msec) を使用した。

3-2 検討項目

3 種類の各コイルについて以下の項目を検討した。

- ・ファントム全体に ROI をとり信号値を測定
- ・ファントム内を中心、上部、下部、左側、右側の五つに分け、ROI をとり信号値を測定
- ・ファントム全体に ROI をとり四隅の 4 カ所の air の部分から SNR を測定
- ・ファントム内を中心、上部、下部、左側、右側の五つに分け ROI をとり、四隅の 4 カ所の air の部分から SNR を測定
- ・ファントム全体に ROI をとり均一性を測定
- ・ファントム内を中心、上部、下部、左側、右側の五つに分け、ROI をとり均一性を測定

3-3 ROI の大きさ

全体の ROI の大きさは直径 17.0cm のファントムに対して 13.8cm の約 81.2% とし、各位置の ROI の大きさは 4cm の約 23.5%、air 部分の ROI の大きさは 3cm に設定した。air の場所についてはアーチファクトの影響が少なくなるように考慮した。

3-4 信号値の測定

全体および各部位の信号値を測定した ROI の位置の模式図を示す (図 4)。

- W = 全体の信号値
- O = ファントム上部の信号値
- C = ファントム中心部の信号値
- U = ファントム下部の信号値
- R = ファントム右の信号値
- L = ファントム左の信号値

ファントムが使用コイルの中心にくるよう配置した。

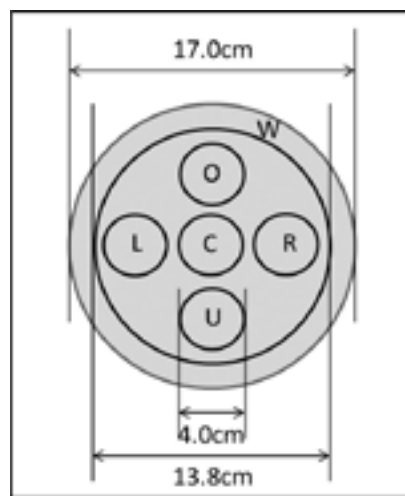


図 4：信号値測定場所の模式図

3-5 SNR の測定

全体および各部位の SNR を測定した ROI の位置と air 部分の模式図を示す (図 5)。

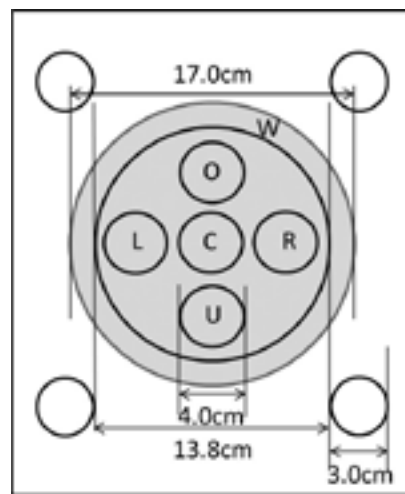


図 5：SNR 測定場所の模式図

ファントムは信号値同様に使用コイルの中心にくるよう配置した。

SNR の測定は空中雑音法<sup>6)</sup>を用い、計算式を示す。

$$SNR = (2 - \pi / 2)^{1/2} \times S / N_{air}$$

S：各 ROI の信号値

N<sub>air</sub>：空気部分の標準偏差

### 3-6 均一性の測定

全体および各部位の均一性を測定した ROI の位置の模式図を示す (図 6)。

全体の均一性は NEMA が定める基準法<sup>7)</sup>を用いた。

$$\text{均一性}(U) = \pm 100 \times \Delta / S_w$$

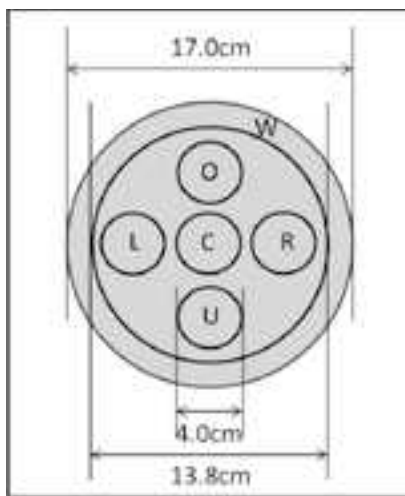


図 6：均一性測定場所の模式図

各部位の均一性の測定は区分法<sup>7)</sup>を用い、計算式を示す。

$$U_o = (S_o - S_w) / S_w$$

$$U_c = (S_c - S_w) / S_w$$

$$U_u = (S_u - S_w) / S_w$$

$$U_r = (S_r - S_w) / S_w$$

$$U_l = (S_l - S_w) / S_w$$

### 3-7 撮像シーケンス

使用した撮像シーケンスはすべて同条件であり、以下に示す。

スピンエコー法、TR=800ms、TE=15ms、flip/flop angle=90/180°、slice thickness=8mm、image matrix=256×256、bandwidth=122Hz/pixel、field of view=250×250mm、time=3m26s、SPEEDER factor=2、NAQ=1、再構成フィルタ=None、輝度補正=Off、室温=23℃、ファントム設置 30 分後から撮像を開始。

## 4. 結果

### 4-1 信号値の測定

実際に撮像したファントム画像 (図 7) と各コイルにおけるファントムの全体の信号値 (図 8)、位置別における信号値 (図 9) を示す。

画像は左から 16ch コイル、32ch コイル、QD コイルである。ファントム全体の信号値は 32ch コイルが 16ch コイルの 2 倍以上、QD コイルの 3 倍以上と最も高く、次に 16ch コイル、QD コイルの順となった。各位置における信号値は、32ch コイルでは中心部が最も低く、ファントム辺縁部 (特に左右) で高くなった。16ch コイルは各位置でのバラツキが一番少なく安定した信号値が得られた。QD コイルにおいては 32ch コイル、16ch コイルと異なり、中心部が最も高い数値であったが、32ch コイルのように各位置で大きくバラツクことはなかった。



16ch コイル 32ch コイル QD コイル

図 7：ファントム画像

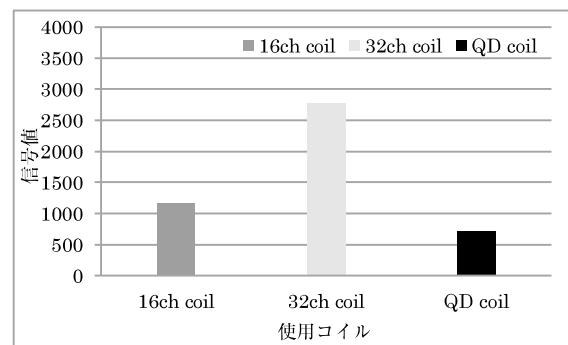


図 8：各コイルにおけるファントム全体の信号値

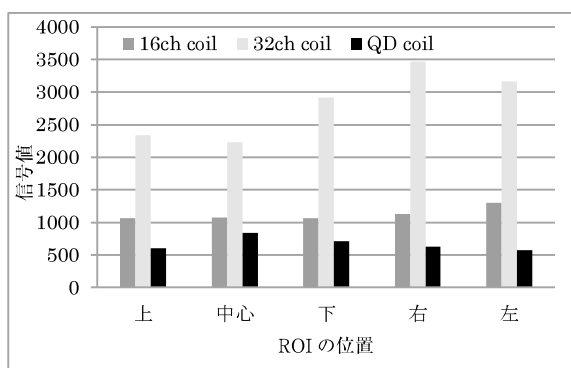


図9: 各コイルにおけるファントム位置別信号値

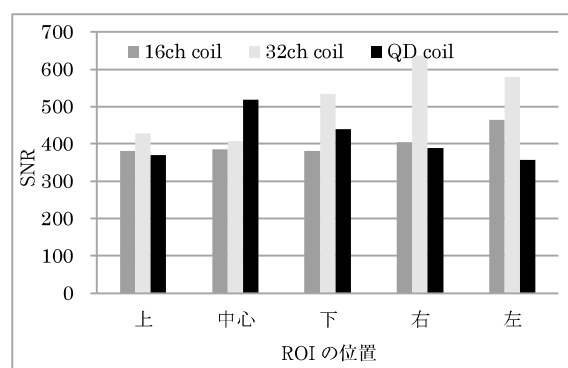


図11: 各コイルにおけるファントムの位置別 SNR

#### 4-2 SNR の測定

各コイルにおけるファントム全体の SNR (図10) と位置別における SNR (図11) を示す。

ファントム全体の SNR は信号値と同様に 32ch コイルが最も高く、次に 16ch コイル、QD コイルの順になった。

各位置の違いによる SNR は、32ch コイルでファントムの辺縁部付近が高く、中心部で低い結果となった。信号値はすべての位置で他のコイルより高信号であったが中心部が低いことにより QD コイルと比較し低い結果となった。16ch コイルは信号値同様、3 種類のコイルの中で、各位置でのバラツキが一番少なく安定した信号値が得られた。QD コイルは他のコイルと比較して、ファントム中心部が高く、周囲で低い結果となった。

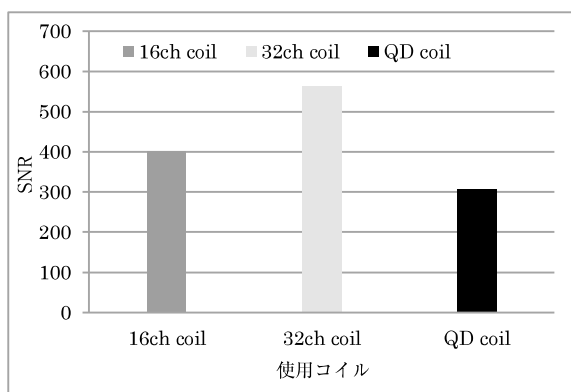


図10: 各コイルにおけるファントム全体の SNR

#### 4-3 均一性

各コイルにおけるファントム全体の均一性 (図12)、位置別における均一性 (図13) を示す。

全体の均一性は QD コイルが 51% と最もよく、32ch コイルは 43%、16ch コイルは 32% という結果になった。

位置の違いによる均一性の違いは、全体の信号値を 0% とし中央の線で示している。全体の信号値より、ある部位の信号値が高信号になった場合はプラス方向 (上部) にグラフが伸び、差があるほど、つまり均一性が乱れるほど、上に伸びることになる。逆に全体の信号値よりも暗く、低信号のときはマイナス表示であり下に伸びることになる。32ch コイルは上部と中心部で低信号となり、左・右で高信号と 3 種類のコイルの中で一番バラツキがあった。16ch コイルは他の 2 つのコイルに比べ、信号値、SNR と同様に各部位によるバラツキが一番少なかった。QD コイルは中心部と下部において高信号で、上部と左右は低信号であり、32ch コイル同様に各部位でのバラツキが大きく特に周囲の低下が認められた。

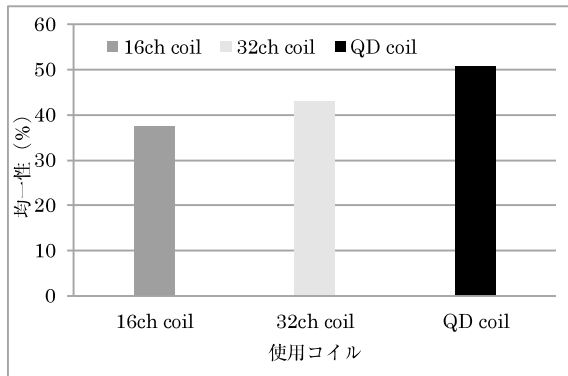


図 12：各コイルにおけるファントム全体の均一性

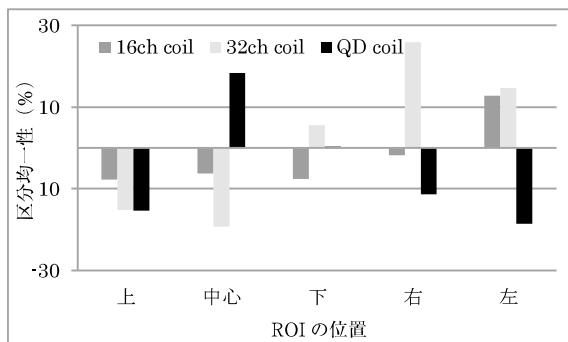


図 13：各コイルにおけるファントム位置別均一性

## 5. 考察

### 5-1 16ch コイル

全体の信号値は 32ch コイルより低く、全体の均一性は QD コイルより低かったが、ROI の各位置の比較をみると、今回使用した 3 種類のコイルの中では、信号値、SNR、均一性のバラツキが一番少なかった。全体の SNR は 32ch コイルより低下しているが、信号値ほど 32ch コイルとの差はない。これはファントムとコイルが近すぎず適度なコイルサイズであったことで、信号値も低下したがノイズもさらに低下したと思われる。つまり 16ch コイルはアレイコイルであり、エレメントの配置や数のバランスが良いコイルであったためと思われる。

### 5-2 32ch コイル

32ch コイルは、他のコイルと比較して全体の信号値は特に大きく、SNR は高かった。各位置

の違いによる信号値・SNR はともに中心部が一番低く、辺縁部は高かった。これはチャンネル数が多いことやコイルの感度が高く、ファントムとの距離が近いために辺縁部（特に左右）の信号値が上昇したと考えられる。上部が左右に比べ低い理由としては、前面部を開口しており、閉所感を少なくさせるような形状にしているためと思われる。下部はクッションや支えがあることや、左右と比べても距離があることが若干低下した要因と思われる。またエレメント数が増加することによりエレメント一つ一つの大きさが小さくなったことで、辺縁部と中心部の信号値が大きく異なったと思われる。各部位の均一性は SNR と同様に辺縁部の左右で高く、上部と中心で低いなど 32ch のようにエレメント数を大きくしたことによりバラツキが生じたと思われる。

### 5-3 QD コイル

今回検討した 3 種類のコイルの中では、信号値、SNR がともに低かった。コイルの仕組みがアレイコイルと異なることが大きな要因の一つと思われる。しかし、各部位のバラツキは 32ch コイルよりも安定しており使用しやすい。さらに均一性に関しては辺縁部と左右で若干の低下が認められるが、全体としては 3 種類のコイルの中で一番高い結果となるなどアレイコイルとは異なる特徴がみられた。

## 6. 結語

16ch コイルは SNR・均一性が良く、各位置によるバラツキが少ないなど日常の臨床で使用するには一番使いやすい。32ch コイルは辺縁部付近の信号が特に高いため各位置での SNR や均一性が崩れやすい。しかし、全体的には信号値が一番高いため、f-MRI や MRS などわずかな信号を検出する検査にはこのような感度の高い 32ch のようなコイルが有用と思われる。QD コイルは信号値、SNR は低いですが、全体としては一番均一性がよく、さらに送受信コイルであることから、SAR に制限される小児などに有用と思われる。

各コイルの特徴を十分に把握し、利点を引き出すことで、今後の日常業務に役立てることができると思われる。

## 7. 謝辞

最後に執筆にあたり、ご協力いただきました済生会栗橋病院放射線技術科諸兄に深く感謝致します。

## 8. 参考文献

- 1) F. Bloch, W. W. Hansen, M. Packard. The Nuclear Induction Experiment. Phys. Rev. 1946, 70, 474-485
- 2) Purcell EM, Torrey HC, Pound RV. Resonance absorption by nuclear magnetic moments in a solid. Phys Rev. 1946, 69, 274-277.
- 3) Mansfield P. Multi-planar image formation using NMR spin echoes. JPhys C. Solid State Phys. 1977, 10 : L55-L58.
- 4) 村瀬 研也. 核磁気共鳴撮像法開発の歴史. 日獨医報. 2007, 52, 3, 6-13.
- 5) 新医療. MRI 機種別台数表. 2014, 7, 159-160.
- 6) 土井 司, 井上 博志ほか. 装置の性能評価法. 放射線医療技術学叢書 (18) MR 撮像技術 2000, 213.
- 7) 土井 司, 井上 博志ほか. 装置の性能評価法. 放射線医療技術学叢書 (18) MR 撮像技術 2000, 221-222.

## 執筆者紹介

長 真由美 (ちょう まゆみ)

技師歴 7年

担当歴 2年