

一つのコイルで直交検波 (QD) が可能な表面コイルの開発 [大会長賞記録]

五月女悦久, 大竹陽介, 羽原秀太, 越智久晃,
尾藤良孝

㈱日立製作所中央研究所

背景と目的

広範囲で高い SNR の画像が撮影できることとパラレルイメージングが可能なことから、近年、受信用 RF コイルのアレイ化が進んでいる。また、それと同時に、アレイコイルの高感度化も求められている。二つのコイルで直交検波 (QD: quadrature detection) を行う QD コイルの場合、感度が最大 $\sqrt{2}$ 倍向上するため^{1),2)}、QD コイルをアレイ化することで、広範囲な領域で感度向上が可能となる。

QD コイルは、コイルの他に 2 系統の配線とバラン、QD ハイブリッド回路が必要となるため、QD コイルをアレイ化する場合、コイルに加えてこれらの配線や回路の数が増加して構成が複雑化する。また、配線や回路とコイルとのカップリングによる感度低下の問題が生じる。

そこで、QD コイルの構成を簡略化することを目的として、一点給電バードケージコイル^{3),4)}の考え方を応用し、一つのコイルで QD コイルと同様に、静磁場に対して時計回りの円偏波磁界の検出が可能な円偏波表面コイルを開発した⁵⁾。今回は、円偏波表面コイルの直交検波動作の検証を行った。

方 法

円偏波表面コイルは、二つの方形ループ

(140×200 mm) を互いに磁気結合が生じないようにループ面積の 10% 程度を重ねて配置し、ループが交差する一方の点で二つのループを接続した構造を有する。また、二つのループからそれぞれ一つずつ出力端子を出し、 $\lambda/2$ バランに接続した。この構造では、QD コイルと比べて 2 系統の配線および二つのバラン、QD ハイブリッド回路が不要となる。それぞれのループに配置したキャパシタの値は、二つのループに流れる電流の位相差が 90 度かつコイルのインピーダンスが 200 Ω となるように調整され、 $\lambda/2$ バランによって 50 Ω に整合される。設計したコイルは 127.75 MHz で共振するように調整した。

円偏波表面コイルの直交検波動作を検証するため、円偏波表面コイルにより生じる静磁場に対して時計回りの円偏波磁界 (B_1^+) と、反時計回りの円偏波磁界 (B_1^-) に対する感度分布を電磁界シミュレーションとファントム実験の両面から取得し、同寸法の QD 表面コイルの結果と比較した。QD 表面コイルでは、 B_1^- を高感度に検出する部分で、 B_1^+ に対する感度がゼロとなる部分が生じるため、円偏波表面コイルで同様のことが生じているかを検証した。

電磁界シミュレーションには、モーメント法とインピーダンス法を組み合わせた電磁界解析プログラム⁶⁾を使用した。シミュレーションに用いた円柱ファントムは、直径 250 mm、長さ

キーワード RF coil, QD, surface coil

70 mm, 導電率 0.8 S/m, 比誘電率 78 とした.

ファントム実験では, Varian 社製 *INOVA* 3T を用い, コイルを円柱ファントム (直径 252 mm, 長さ 70 mm, $\text{NiCl}_2(10\text{mM}) + \text{NaCl}$ (0.4-wt%) 水溶液) の側面に配置して Axial 画像を撮影し画像の SNR を評価した. 撮影には, SpinEcho 法 ($\text{TR} / \text{TE} = 1000 / 30$ ms, $\text{BW} : 53.8$ kHz, スライス厚 : 5 mm, $\text{FOV} = 300 \times 300$ mm, matrix size = 256×256 , $\text{NEX} = 1$) を用いた. また, 比較のため, 同寸法の QD 表面コイルを用いて同様の評価を行った.

結果と考察

円偏波表面コイルのインピーダンス特性は, 一般的な RF コイルのインピーダンス特性と異なり, 二つのインピーダンスピークをもち, 二つのピークの間で周波数で位相が 0 度を示す特性を示した. また, このときに感度が最大となることが電磁界シミュレーションから明らかとなった. そこで, 二つのピークの間で位相が 0 度となる周波数を 3T の磁気共鳴周波数に合わせ, コイルのインピーダンスマッチングを行い, ファントムを撮影した.

電磁界シミュレーションとファントム実験から, 円偏波表面コイルと QD 表面コイルの B_1^- に対する感度はほぼ同様の分布を示し, 画像の SNR は, コイルの中心から深さ 50 mm の部分で $\text{SNR} = 400$ を示した. また, ファントムの中心とコイルの中心を結ぶ方向の感度の 1 次元プロファイルは, 円偏波表面コイルと QD 表面コイルとで, コイルに非常に近い部分を除いて一致した.

一方, B_1^+ に対する感度においても, 電磁界シミュレーションとファントム実験から, 円偏波表面コイルと QD 表面コイルの感度分布はほ

ぼ一致し, QD 表面コイルの B_1^+ に対する感度がほぼ 0 となる位置で, 円偏波表面コイルの感度もほぼ 0 となる結果を得た. 以上から, 円偏波表面コイルは QD 表面コイルと同様に直交検波の動作を行っていることが示された.

結 論

一つのコイルで QD コイルと同様に直交検波が可能な円偏波表面コイルを提案し, その性能を検証した. 電磁界シミュレーションとファントム撮像実験から, 提案したコイルの感度分布は, QD コイルの感度分布にほぼ一致することを確認した.

文 献

- 1) Chen CN, Hoult DI, Sank VJ : Quadrature detection coils - A further $\sqrt{2}$ improvement in sensitivity. *J Magn Reson* 1983 ; 54 : 324-327
- 2) Glover GH, Hayes CE, Pelc NJ, Edelstein WA, Mueller OM, Hart HR, Hardy CJ, O'Donnell M, Barber WD : Comparison of linear and circular polarization for magnetic resonance imaging. *J Magn Reson* 1985 ; 64 : 255-270
- 3) 五月女悦久, 羽原秀太, 越智久晃, 尾藤良孝 : 一点給電バードケージコイルによる円偏波磁界の検出. *日磁医誌* 2007 ; 27 (suppl) : 341
- 4) Soutome Y, Habara H, Ochi H. A circularly polarized birdcage coil with a single port. In : *Proc ISMRM*, 2007 ; 1057
- 5) Soutome Y, Habara H, Bito Y. Circularly polarized surface coil with a single port. In : *Proc ISMRM*, 2008 ; 1115
- 6) Ochi H, Yamamoto Y, Sawaya K, Adachi S. Calculation of electromagnetic field of an MRI antenna loaded by a body. In : *Proc SMRM*, 1992 ; 4021

**Development of Single Surface Coil Capable of Quadrature Detection
[Presidential Award Proceedings]**

Yoshihisa SOUTOME, Yosuke OTAKE, Hideta HABARA,
Hisasaki OCHI, Yoshitaka BITO

*Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.
1-280 Higashi-Koigakubo, Kokubunji, Tokyo 185-8601*

We designed and fabricated a single surface coil capable of quadrature detection (QD) that comprises 2 series of connected loop-coils with an overlap and capacitors having a phase difference of 90 degrees between the 2 loop currents. Phantom images of the designed coil and a QD surface coil were very similar, and signal-to-noise ratio (SNR) profiles of the phantom images of the designed coil and QD surface coil were identical. These results indicate that our coil can receive a circularly polarized B1 field without having a QD hybrid like that of the QD surface coil.