

# MRI装置用リアルタイム温度計測システムの評価

東北大学病院 診療技術部 ○永坂 竜男(Nagasaka Tatsuo)

梁川 功

東北大学大学院医学系研究科 千田 浩一

## 【はじめに】

MRI検査の撮像中に被写体の温度が上昇することが知られている。温度上昇は、短い間隔でのRFパルス照射の影響による比吸収率(Specific Absorption Rate: SAR)の上昇に起因している。現在、SARの計算は各装置メーカー独自で行っており、その方法は推定値であるので正確ではない。特にインプラントが埋め込まれた患者にとっては、正しい評価が重要である。インプラントの磁場に対する方向や埋め込まれた深さ、そしてインプラント組織周囲の電気特性や血流などの影響をうけるため、発熱の予測は非常に難しい。<sup>1)2)3)</sup>また、温度測定は、経皮または内視鏡、レーザーアブレーション、マイクロ波療法および凍結療法などの低侵襲治療法(MRI介入)を監視するためにMRI中に必要とされている。<sup>4)5)</sup>しかし、ほとんどの市販のリアルタイム温度計測システムは、磁性材料で作られているため、MRIの間に正確な温度監視のために使用することができない。我々はMRI撮像中の温度をリアルタイムで測定できる温度計測システムを開発し検証を行って来た。今回は、複数のセンサチャンネルを有し、複数同時に温度計測が可能であるか、より実際の臨床に近い環境で検証した。

## 【方法】

我々が開発したリアルタイム温度計測システムは、非磁性体プローブ、非磁性体ケーブル、表示・記録装置(OmniLight II Rm1100:NEC)から構成されている。(Fig.1)プローブは、銅-コンスタントンの熱電対を非浸潤処理された非磁性の絶縁体で被覆している。検証に使用した装置は、Achieva dStream 3.0T (philips, Netherland)、MAGNETOM Trio A Tim system 3T(SIEMENS, Germany)。撮像条件は、グラジエントエコー法(GRE)と高速スピネコー法(TSE)を使用、それぞれTR/TE=450/16(msec),Slice厚6(mm),20枚,SAR値2(%)、TR/TE=4500/90(msec),Slice厚6(mm),20枚,SAR値76(%)である。GRE法は主にプローブの磁場の影響を確認するために、TSE法はSAR値が高い為温度上昇の測定に使用した。

検証に用いた人工股関節封入ファントムは、smith&nephew社製人工股関節(骨頭部(カップ):コバルトクロム合金/大腿部(ステム):チタン合金)を寒天内に封入し固めたものを使用(Fig.2,3)。

- 1.ファントムに温度測定用プローブを挿入し、インプラント先端をA点、中央をB点とした(Fig.3)。10分間のMRスキャン中の温度を計時的に測定した。
- 2.撮像シーケンス・MR装置を変えて、同様に計測した。

## 【結果】

- 1.熱電対プローブは、GRE法、TSE法共に今回もほとんど画像に影響なかった。TSE法では、測定データにノイズが入る場合があったが、RFシールド材でケーブルを覆うことによってノイズがほとんどなくなった。

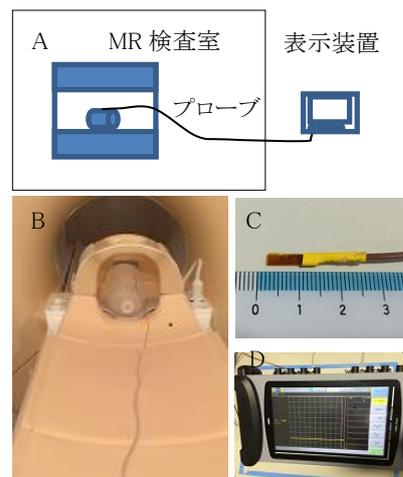


Fig.1 リアルタイム温度計測システム

- A:模式図
- B:プローブ設置風景
- C:プローブ先端
- D:表示記録装置



Fig.2 インプラント封入ファントム



Fig.3 インプラント外観と測定点

- 2.人口関節封入ファントムではインプラントの温度上昇をリアルタイムで2チャンネル同時計測できた。(同時8channel測定可能)(Fig.4)A点、B点の温度上昇は同じ程度認められた。
- 3.また、異なる装置でも温度上昇を確認することができた。異なる装置においても同程度の温度上昇が認められた。(Fig.5)

### 【考察】

- 1.非磁性プローブは磁化率アーチファクトの影響を受けやすいGRE法においても画像への影響はなかった。撮像シーケンスによっては非磁性ケーブルがノイズを拾う問題があったが、電波シールド材でケーブル部分を覆いある程度抑えることができた。しかし、複数チャンネルを使用時にノイズが消去しきれない場合があり、今後の課題を残した。他のノイズ対策について今後検討が必要と思われた。
- 2.人口関節封入ファントムではより臨床に近い環境でインプラントの温度上昇をリアルタイムで捉えることができた。また複数のチャンネルを用いて同時に計測できた。今後は複数チャンネルを用いたより詳細な温度計測を検討したい。
- 3.ファントムではインプラントの温度上昇をリアルタイムで計測できたが、生体ではプローブを挿入できないため、計測方法を検討する必要があると考える。今後、光ファイバ温度計やMRIのパラメータを使用するなど<sup>6)</sup>、MRI中の温度評価の相対的な方法と比較も検討していきたい。

### 【まとめ】

非磁性体プローブを用いたリアルタイム温度計測システムは、MR画像に悪影響をほとんど与えることなく、MR撮像中における温度測定が複数のチャンネルで同時に可能であることが確かめられた。

### 【参考文献】

- 1) 川光秀昭 他:3T-MR装置の安全性 日本放射線技術学会誌 Vol.64 No12, 1575-1599, 2008
- 2) Munakata H., et al: Dependence of RF Heating on SAR and Implant Position in a 1.5T MR System. Magn.Reson.Med Sci, Vol6,No4.199-209, 2007
- 3) Muranaka H, et al: Influence of Implants on Human Body During MRI Examinations: Fundamental Experiment Using Metal Balls. Japanese Society of Radiological Technology, Vol. 61, No. 7, pp. 1015-1019, July 2005
- 4) “Hyperthermia Manual”, Japanese Society for Thermal Medicine ed., 1999.
- 5) Yoshio Nikawa Noninvasive Temperature Measurement and Dielectric Heating Using MRI. Journal of Department of Science and Engineering, Kokushikan University. Vol7(2014)
- 6) 土肥美智子 他: 0.3TオープンタイプMR装置による温度計測 MEDIX, Vol.32 2000.3

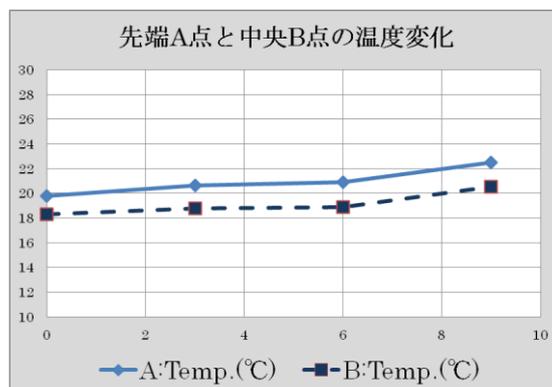


Fig.4 TSE法を用い、インプラント先端(A点)と中央部(B点)で10分間の温度計測結果

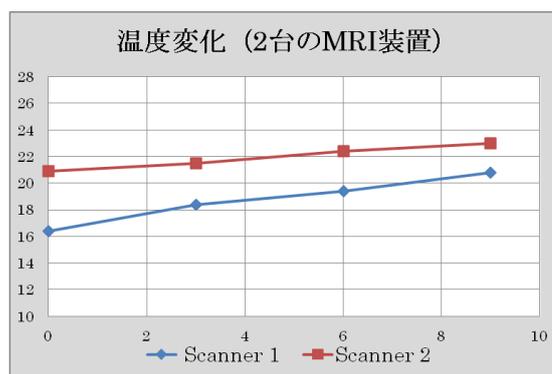


Fig.5 スキャナ1,2を用いてTSE法で10分間の温度計測結果(A点)