

# 1.5T MRI装置ECHELON Vegaにおける functional MRIの使用経験

Clinical Experiences of Using ECHELON Vega, a Functional 1.5T MRI System

赤堀 亮<sup>1)</sup> Ryo Akahori  
 中西 和宏<sup>1)</sup> Kazuhiro Nakanishi  
 清水 正人<sup>2)</sup> Masato Shimizu

妹尾 賢悟<sup>1)</sup> Kengo Senoo  
 村尾 寿美<sup>1)</sup> Toshimi Murao  
 提嶋 正<sup>3)</sup> Masashi Sageshima

<sup>1)</sup>医療法人(財団)共済会 清水病院(鳥取県倉吉市) 放射線課

<sup>2)</sup>医療法人(財団)共済会 清水病院(鳥取県倉吉市) 理事長

<sup>3)</sup>医療法人(財団)共済会 清水病院(鳥取県倉吉市) 院長

2009年6月、当院では以前より使用していた0.2T低磁場MRI装置から1.5T高磁場MRI装置ECHELON Vega<sup>\*</sup>へ更新した。以前の装置は撮像能力に制限があり、検査の大半は整形領域の撮像であった。この度、高磁場装置の導入に伴い、脳神経領域への適応拡大とその後遺症に対するリハビリテーションの充実を図った。そこで、東京慈恵会医科大学と協力して当院が行っている治療法「経頭蓋磁気刺激法(TMS)」の際の、MRIを用いて撮像しているfunctional MRIを含む脳神経領域における使用経験について報告する。

In June, 2009, our hospital replaced the 0.2T low magnetic field MRI system which has been used until then with ECHELON Vega<sup>\*</sup>, a 1.5T high magnetic field MRI system. Since the old system had been limited in its imaging capability, most of the examination had been in the orthopedic area. This time, by introducing a high magnetic field system, we tried to extend the applications toward the neurology area and to improve the rehabilitation program for its aftereffect. Therefore, our experiences of MRI imaging in neurological area including function MRI while conducting a therapy method "Transcranial Magnetic Stimulation" in cooperation with Tokyo Jikeikai Medical College are reported below.

**Key Words:** MRI, ECHELON Vega, functional MRI (fMRI), Transcranial Magnetic Stimulation (TMS)

## 1. はじめに

清水病院(図1)は鳥取県倉吉市に位置し、「開かれた医療、無駄のない医療を目指し、地域医療に貢献します」という理



図1：清水病院 外観

念のもと、昭和33年に山陰で初の整形外科専門の医院として開院した。今年で病院創立(改称)50周年を迎える。整形外科を中心に、リウマチ科・内科・外科・脳神経外科・神経内科・リハビリテーション科・美容外科・形成外科を診療科目としており、地域医療の中核を担っている。MRI検査については、放射線課スタッフ(図2)4人全員が撮像し、整形領域・頭部領域を中心に全身に適用している。

2010年2月より、脳卒中の後遺症のうち「上肢麻痺(手や腕の麻痺)」に対する治療法として、東京慈恵会医科大学附属病院と協力し、「経頭蓋磁気刺激法(TMS)」を行っている。これは、病側または正常側大脳に磁気刺激を与えることで、病巣周囲の脳組織の活性化または回復に悪影響を及ぼしている部位の抑制を行い、失われた機能が補われるようにする方法である<sup>1)</sup>。そして、TMSを行う際に機能評価の一環として、頭部MRI(functional MRI)を行っている。本稿では、この



図2：放射線課スタッフ

functional MRIを含む脳神経領域における当院での使用経験を報告する。

## 2. functional MRI

まず、functional MRI(以下fMRI)は別名で機能的MRIと呼ばれており、MRIを用いて脳の活動に関連した血流動態の反応を視覚的に描出する方法である。MRI装置の中で視覚や聴覚などの五感への刺激や運動などの負荷を加えたときに、被検者の脳内のどの部位が活動していたのかを把握することができる。当院ではBOLD(Blood Oxygen Level Dependent)法を用いている。このBOLD法は脳の活動に伴う血流の増加を利用したものである。神経細胞の活動によって酸素消費量は増加するが、この際に神経細胞において酸素と結合したヘモグロビン(oxyhemoglobin酸化ヘモグロビン)が還元され(deoxyhemoglobin還元ヘモグロビンとなる)、血流の増加に対し酸素消費量はわずかしか増えないことから、静脈中のoxyhemoglobinの量が相対的に増加する。また、oxyhemoglobinはdeoxyhemoglobinに比べ磁化されにくいいため、賦活領域では磁化率が減少し、磁気共鳴信号の強度が

変化する。結果として神経細胞活動の増加に伴いMR信号が増強することとなる<sup>2)3)</sup>。ただし、MRIでは微小循環血液量の変化の観察をしており、脳の賦活そのものの直接観察ではないため、fMRIでは脳の賦活以外の情報を除外するためにTask(課題・運動)実行時とRest(安静)時の画像から信号変化の有意差演算を行い、磁気共鳴信号の変化を統計的に分析することにより、脳の活動部位を推定することができる。

## 3. 頭部ルーチン撮像条件とfMRI撮像条件・タスクパラダイム

1.5T高磁場MRI装置ECHELON Vega<sup>®</sup>は、最大傾斜磁場33mT/m、最大スリューレート150T/m/s<sup>4)</sup>と高い磁場均一度により、高速で高画質な画像を収集可能である。そのため、以前の装置では撮像困難(または撮像不可能)であったシーケンスにも多く対応している。そこで、頭部ルーチン撮像条件とfMRI撮像条件・タスクパラダイムについて以下に示す。

### (1)頭部ルーチン撮像条件

T1強調画像、T2強調画像、FLAIR、DWIのアキシャル像とMRAの5シーケンスを撮像している。その条件を表1に示す。更新前は3シーケンス(T1、T2、FLAIR)を約18分かけて撮像していたため、スループットを向上しつつ、診断の幅も広がっていると言える。

### (2)functional MRI撮像条件・タスクパラダイム

fMRIとは、先にも述べたが脳の活動による血流動態の変化を記録する手法である。この記録法で最も一般的なBOLD法とは、血液中のoxyhemoglobinとdeoxyhemoglobinの割合の変化に起因する信号変化(oxyhemoglobinとdeoxyhemoglobinはT2\*緩和に違いがあるため)を画像化する手法で、シーケンスとしては高い時間分解能で連続撮像を行うためにEPIシーケンスを用いる。このような高度な撮像法は、高磁場装置への更新により実現したものである。撮像条件を表2に示す。

また、fMRIにおいて脳を賦活させるために、タスクパラダイムを作成しなければならない。その中で最も一般的なもの

表1：頭部ルーチン撮像条件

画像種	シーケンス	断面	TR	TE	Thickness	FOV	Freq	Phase	Time
T1WI	FSE	AX	4785	104.0	5.0	220	288	320	2:58
T2WI	SE	AX	430	11.7	5.0	220	260	256	2:57
FLAIR	FIR	AX	10000	108.0	5.0	220	288	256	3:01
DWI	DW EPI	AX	3300	87.0	5.0	225	136	192	0:57
MRA	TOF	3D	23.0	6.9	1.4	170	304	196	6:05

表2：fMRI撮像条件

画像種	シーケンス	断面	TR	TE	Thickness	FOV	Freq	Phase	Time
T1WI	SE	AX	470	11.0	6.0	240	260	256	3:13
T2WI	FSE	AX	5700	104.0	6.0	240	320	288	3:09
3D T1	RSSG	3D	7.7	4.0	1.0	224	224	224	5:12
BOLD	GE EPI	AX	5000	80.0	6.0	240	128	128	6:08
DWI Tensor	DW EPI	AX	5000	74.4	5.0	230	128	128	3:46

は、TaskとRestの繰り返しを行うブロックデザインと呼ばれるものである<sup>2)5)</sup>。当院では30秒おきの手指対立の開閉運動(Tapping)を行っている。そのブロックデザインを図3に示す。

fMRIを行う際は、TaskとRestの一連をMRI装置の中で行うため、実際の音声はMRI装置本体の騒音により聞こえにくい。そのため、被検者はヘッドフォンを検査開始時より装着し、専用のソフトウェアにプログラムされている30秒ごとの指示を受ける(図4、図5)。この際、音声信号は一度光信号

へ変換され、ヘッドフォンの耳あて近傍でまた音声信号へと再変換される。指示内容は、Rest→Task(右手指開閉)→Rest→Task(左手指開閉)→Rest→以後開始から6分間同様に繰り返す(図6、図7)。先に示したブロックデザインはこの内容を示している。

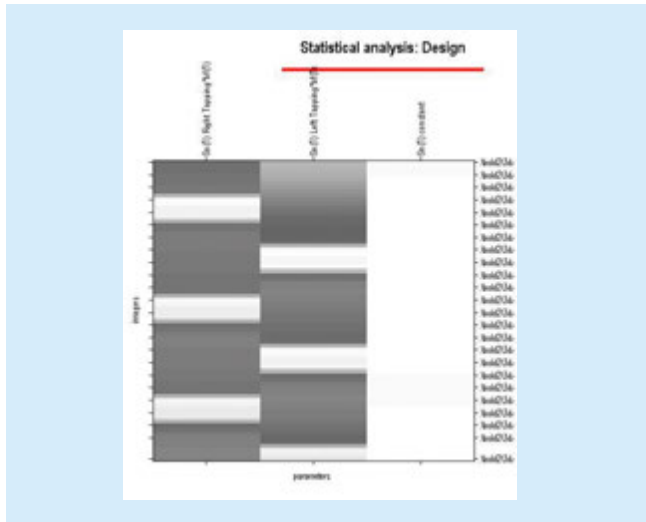


図3：ブロックデザイン



図4：ヘッドフォンをした状態で頭部コイルを装着

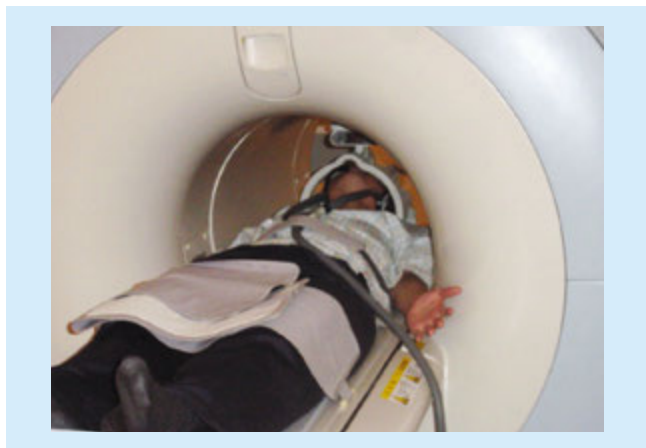


図5：fMRIの撮像の様子



図6：fMRIの刺激装置



図7：fMRI用のPC

### 3. 臨床例

当院ではfMRIは20件/月ほど撮像を行っている。その臨床例を図8に示す。

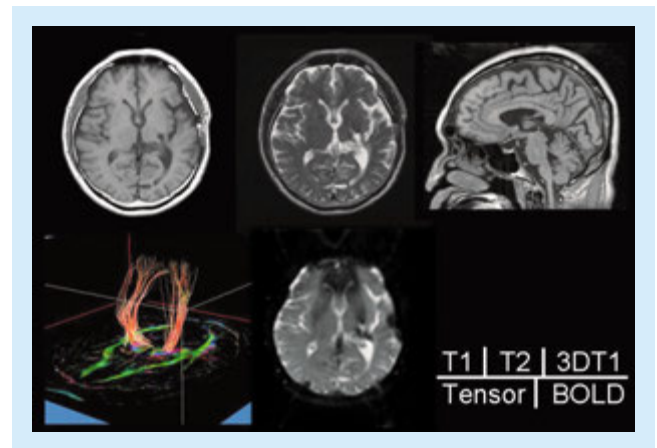


図8：臨床画像例

得られたBOLD画像より専用のソフトウェアSPM(Statistical Parametric Mapping)によって解析した例を次に示す(図9、図10)。図で赤く光っている部位が賦活領域を示す。先にも述べたが、このfMRI画像上の賦活領域はTaskによる血流増加した領域であり、神経活動の直接評価とはならないので注意が必要である。

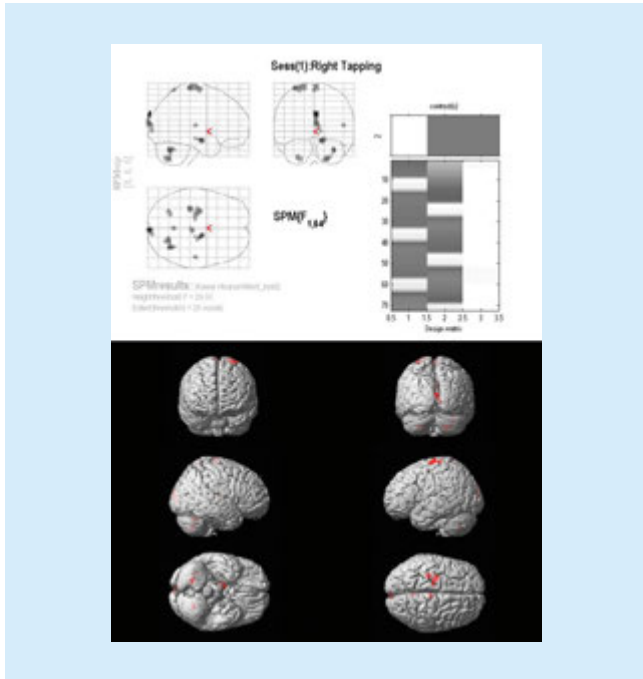


図9：SPM解析による脳の賦活部位の特定(右手)

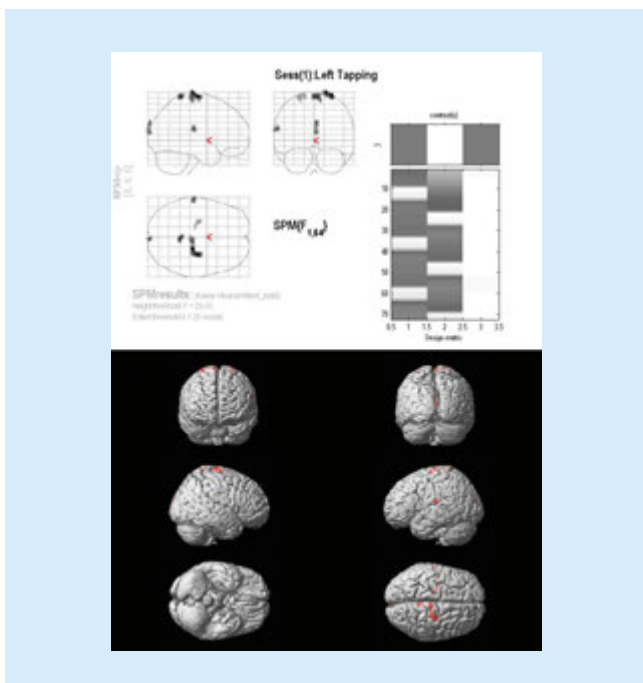


図10：SPM解析による脳の賦活部位の特定(左手)

## 4. おわりに

本稿では1.5T MRI ECHELON VegaでのfMRIにおける使用経験に関して述べた。当院では脳血管障害の治療の一環としてMRI画像を必要としているが、その診断においては高精細な画像が求められている。ECHELON Vegaで得られた画像については、ルーチン検査から高速撮像シーケンスEPIを用いたfMRIまで、画質および分解能として十分なものが得られている。ただ、現在fMRIを撮像するにあたって、信号強度を変化させる主要因としてとらえているのは、患者とのコミュニケーションである。なぜならばBOLD法で得られる信号差の絶対値は非常に小さいため、Taskにおけるonとoffでしっかりと差をつけることが非常に重要となる。ハード面ではECHELON Vegaにより解決できても、撮像を行う技師のレベルに左右されることのないように安定した質の高い画像を提供していきたいと考える。

## 5. 謝辞

TMSとその際のMRI画像についてご指導いただいた東京慈恵会医科大学リハビリテーション医学講座主任教授の安保雅博先生、実際のfunctional MRI画像の解析からデータの運用までご指導いただいた首都大学東京健康福祉学部放射線学科准教授の妹尾淳史先生に深く感謝します。

※ ECHELON Vegaは株式会社日立メディコの登録商標です。

## 参考文献

- 1) “TMS(Transcranial Magnetic Stimulation. 経頭蓋磁気刺激)”, <[http://shimizuhospital.jp/public/\\_upload/type017\\_34\\_1/file/file\\_12670107523.pdf](http://shimizuhospital.jp/public/_upload/type017_34_1/file/file_12670107523.pdf)>, (参照2010/07/05)
- 2) 月本 洋, ほか: 脳機能画像解析入門, 1: 2-21, 医歯薬出版, 2007.
- 3) 蜂屋順一, ほか: MRI応用自在, 1: 186-189, メジカルビュー社, 2003.
- 4) 中西 彰, ほか: 超電導磁石方式1.5TMRIシステム ECHELON Vegaの開発. MEDIX, 45: 27-32, 2006.
- 5) アレン・D・エルスター, ほか: MRI「超」講義, 2: 283-290, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2003.