

# 1.5T MRIシステムECHELON VegaにおけるワンボタンMRスペクトロスコピーの有用性

Usefulness of Single-click MR Spectroscopy with 1.5T MRI System ECHELON Vega

平田 智嗣<sup>1)</sup> Satoshi Hirata  
佐々木真理<sup>3)</sup> Makoto Sasaki

平田 洋介<sup>2)</sup> Yosuke Hirata  
森分 周子<sup>4)</sup> Chikako Moriwake

<sup>1)</sup>株式会社日立製作所 中央研究所  
<sup>2)</sup>岩手医科大学 中央放射線部  
<sup>3)</sup>岩手医科大学 先端医療研究センター  
<sup>4)</sup>株式会社日立メディコ アプリケーション部

1.5T MRIシステム ECHELON Vega\*に搭載しているMRスペクトロスコピー(MRS)では、ワンボタン計測・ワンボタン解析が行える新機能を備えており、煩雑なマニュアル調整等を必要としないフルオートの検査フローを実現している。また、MRS解析ソフトウェアのスタンダードであるLCModelを解析エンジンとして採用しており、コンソール画面上で高精度の解析結果を表示・フィルミングすることが可能となっている。本稿では、ワンボタンMRSの特長と有用性について臨床例の紹介を含め報告する。

MR spectroscopy (MRS) on 1.5T MRI system ECHELON Vega\* enables a full automatic examination without complicated manual adjustment by new functions of single-click measurement and single-click analysis. Single-click analysis function adopts standard MRS analysis software LCModel as an analysis engine, and enables displaying and filming analyzed results on the console screen. In this paper, we report advantages and usefulness of single-click MRS, and review clinical cases.

**Key Words:** MRI, ECHELON Vega, MR Spectroscopy(MRS), Single-click MRS

## 1. はじめに

現在広く普及しているMRイメージング(MRI)が、主に水と脂肪に含まれる水素原子核の密度分布を反映した画像を得ているのに対して、MRスペクトロスコピー(MRS)では、水素原子核を含むさまざまな分子の密度を反映したスペクトルが得られる(図1)。MRSでは、化学シフトと呼ばれる分子構造の違いによって磁気共鳴周波数が変化する現象を利用し、各分子から得られる磁気共鳴信号を周波数分離することにより、体内代謝物質の状態を非侵襲的に検知することが可能である。

MRSは、神経細胞・グリア細胞の密度や細胞膜代謝の活性度、およびエネルギー代謝異常等に関する情報の取得に用いられる。特に、脳神経領域における腫瘍・膿瘍・変性・脱髄疾患の鑑別や、乳癌・前立腺癌の病期判定および予後予測に有効と考えられており、MRIだけでは診断が難しい場面での補助ツールとしての役割を担うことが期待されている<sup>1)</sup>。

MRSの臨床適用に関して、既に欧米では臨床MRIにおけるオプション検査の一つとして位置付けられつつあるが、国

内においては保険適用対象になっていないこともあり、利用頻度が低い状況が続いている。国内で普及が進まない理由としては、①調整プロセスが多く計測が煩雑、②データ解析が難解で客観的評価が困難といったマイナスイメージを払拭できていないことが大きな要因だと考えられる。


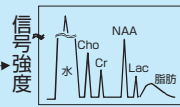
MRイメージング (MRI)	MRスペクトロスコピー (MRS)
画像 	スペクトル 
主に水と脂肪に含まれる水素原子核の密度分布を反映	水素原子核を含むさまざまな分子の密度を反映 (化学シフトによる周波数分離)

図1: MRイメージングとMRスペクトロスコピー

## 2. ワンボタンMRSの特長

上述した2大要因を改善するため、われわれは使いやすく分かりやすいMRSの実現を目指し、ワンボタン計測・ワンボタン解析が行える新MRSシステムを開発した<sup>2)</sup>。

ワンボタン計測では、スタートボタンをクリックするだけで煩雑な調整と計測を全自動で行うことができる。ユーザーが面倒なマニュアル調整を一切行わずによいフルオートでの計測フローを実現している(図2)。さらに、前調整の結果や本計測中の積算スペクトルをモニタリングすることができ、常に状況を把握しながら計測を行うことも可能となっている(図3)。

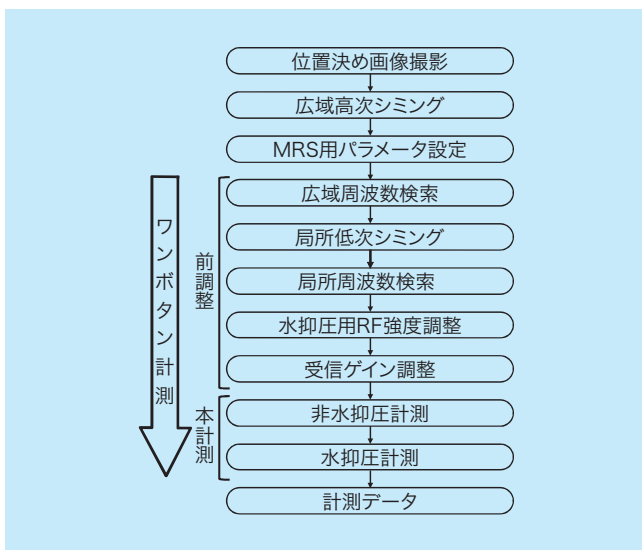


図2：ワンボタンMRSによる計測ワークフロー

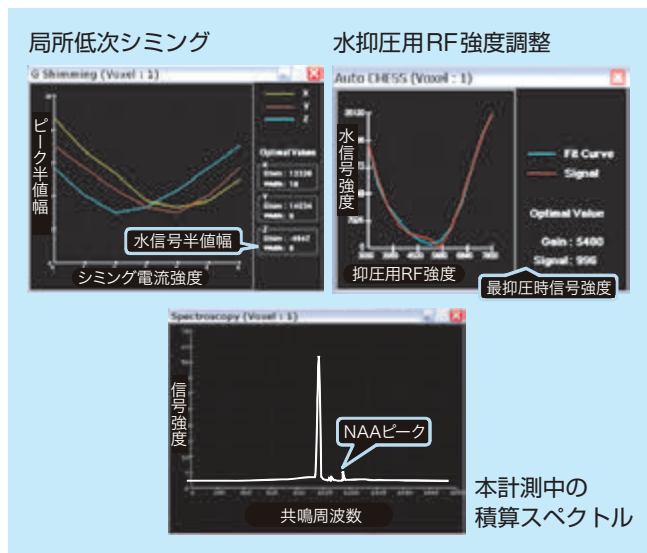


図3：前調整および本計測スペクトルのモニタリング

ワンボタン解析も同様で、スタートボタンをクリックするだけで、複雑なマニュアル操作を行うことなく各代謝物質の信号強度をリスト表示でき、各信号強度の信頼度を% SDという客観的指標で評価することもできる。解析エンジンには、本分野の臨床研究サイトから高い評価を得ているS-provencher社製LCModelソフトウェア<sup>3)</sup>を採用しており、

コンソール画面上で実績あるLCModelの解析結果を容易に表示・フィルミングすることが可能となっている。LCModelでは、標準ファントムの代謝物データを基準スペクトルとして参照するため、より高精度なスペクトル解析が可能である。

図4にスペクトル解析フローを示す。従来はLCModelを搭載したワークステーションを別途用意し、データのフォーマット変換、転送、解析、結果の表示、保存、出力のすべてをマニュアルで行わねばならなかった。ワンボタン解析ではこれらのすべてが自動化されており、利便性が劇的に向上している。

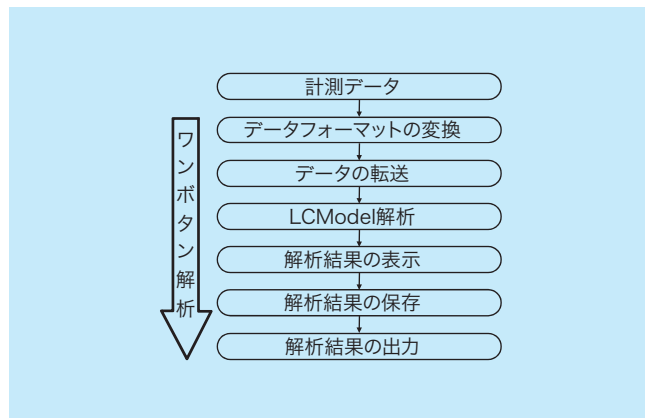


図4：ワンボタンMRSによるスペクトル解析フロー

## 3. ワンボタンMRS計測におけるシミングの重要性

MRS計測を行うためには高性能のハードウェアが必要であり、特に上述した化学シフトによる磁気共鳴周波数の変化量はサブppmオーダーと非常に小さいため、相応の高い静磁場均一度が必須となる。

1.5T MRIシステム ECHELON Vega<sup>\*4)~8)</sup>(図5)では、高次シミングシステム HOSS(High Order Shim System)を標準装備している。MRS計測に先んじて行う調整プロセスで



図5：1.5T MRI ECHELON Vegaの外観

は、広域高次シミングに加えMRS計測領域のみを対象とした局所低次シミングを実行することによって、ワンボタンMRSによる自動解析においても安定した高均一度磁場を得ることが可能となっている。

#### 4. ワンボタンMRSによる健常者の解析結果

図6に、ECHELON Vegaによる健常者のワンボタンMRS計測・解析結果を示す(Sequence=SE-MRS(90-180-180系列)、Voxel Size=8.0cc、TE/TR=35/2000ms、計測時間=5.1分)。正常神経細胞の密度を反映するN-acetyl-aspartate(NAA)、細胞密度を反映するcreatine(Cr)、細胞膜代謝を反映するcholine(Cho)、グリア細胞の増殖を反映するmyo-inositol(Ins)等の信号ピークを明確に観測できており、近接するCrとChoの信号を完全に分離できていることから、高い静磁場均一度が得られていることが分かる。また各代謝物質の信号強度、Cr比、%SDの一覧も自動的に表示される。%SDは、LCModelが信号強度を推定する際の標準偏差で、20%未満が信頼許容範囲とされている。

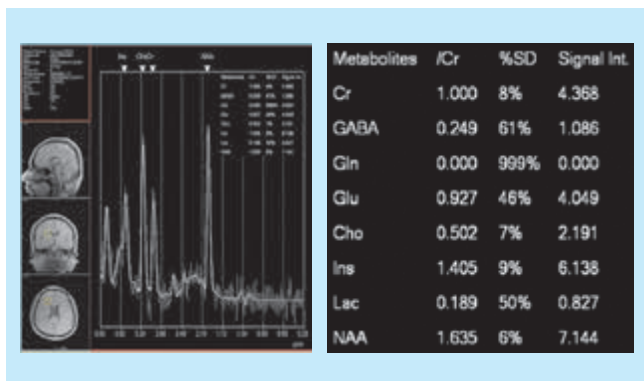


図6：ワンボタンMRSによる健常者の解析結果

#### 5. ワンボタンMRSによる臨床例の解析結果

2007年4月、上述した新MRSシステムを、岩手医科大学付属病院のECHELON Vegaに導入し、臨床応用を行った。

図7は、多形性膠芽腫のMRS計測例である(Voxel Size=8.0cc、TE/TR=136/2000 ms、計測時間=4.3分)。この例では、腫瘍部分においてChoが著しく増加、NAAがCrより低下し、嫌気性解糖の結果生じるlactate(下向きの二峰性ピーク)が出現していることが分かる。

図8は、腫瘍形成性多発性硬化症(tumefactive MS)の計測例である(Voxel Size=8.0cc、TE/TR=136/2000 ms、計測時間=4.3分)。この例では、Choの上昇が軽度でNAAがCrよりも高いことから、腫瘍よりも脱髄性病変を疑うことができる。

以上の例では、スピネコー型シーケンスであるSE-MRS(90-180-180系列)を用いたが、最新バージョン(V2.0)には、誘発エコー(stimulated echo)を利用するSTEAM型(90-90-90系列)のシーケンスも搭載している。STEAM-MRSでは、SE-MRSに比べ信号雑音比は半減するものの、よ

り短いTE(20ms)での計測やより高精度な領域選択を行うことができ、計測対象の状況に応じた使い分けが可能となる。

また、1回の計測で2つの異なる領域のスペクトルを得ることができるデュアルボクセルMRSも可能であり、病変部位と健常部位との比較などを、より簡便なワークフローで行うことができる。

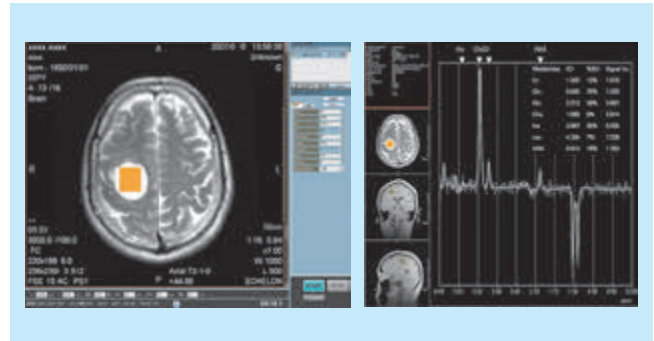


図7：多形性膠芽腫の解析結果

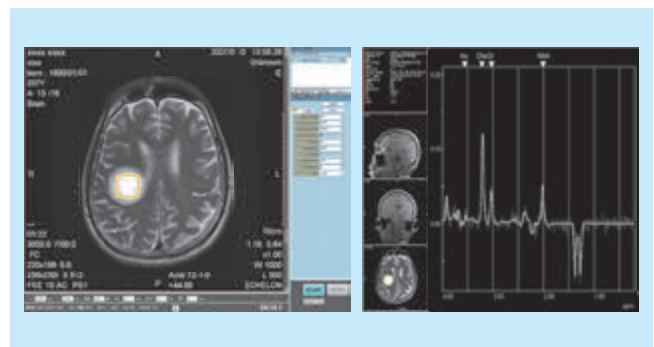


図8：腫瘍形成性多発性硬化症の解析結果

#### 6. ルーチン検査におけるワンボタンMRSの意義

最後に、実際のルーチン検査におけるワンボタンMRSの利点について考察する。

##### (1) MRS計測に関して

MRS前調整で最も重要なのは静磁場シミングであり、かつてはエキスパートがマニュアルでシミングを行う場合もあったが、操作者にとって大きな負担となっていた。

ワンボタンMRSでは、局所シミングを含む前調整を全自動化しており、操作者による微調整無しで2分以内にすべてを完了できるため、大幅な時間短縮と操作者のストレス軽減が得られている。

##### (2) スペクトル解析に関して

一般に、LCModelを使った高精度なスペクトル解析には専用ワークステーションの導入が必須であり<sup>9)</sup>、多大な時間を要する煩雑な作業が発生し、操作への熟練も必要である。

ワンボタンMRSでは、LCModelエンジンによる自動解析を実現しているため、一連の作業をコンソール画面上でワンボタンで自動実施できる。一般のMRI撮像と同様の手順で操作者が作業でき、通常の撮像から連続しての計測も可能である。

現在、岩手医科大学付属病院ではMRSが日常の検査の一



部となっている。図9は gliomatosis cerebri の患者の外來初診時の検査例である。この例では、8chヘッドコイルを用いて、PDWI、T2WI、T1WI、FLAIR、DWI、その後続けてMRS、さらに造影T1WIを実施した。全撮像時間は22分で、患者の搬出入を含め30分で検査が終了した。また、検査終了時にはMRS自動解析結果を含むフィルムも完成していた。

われわれの開発したワンボタンMRSは、日常検査にMRSを容易に組み込むことのできる点で従来のMRSとは一線を画する真の臨床MRSとすることができる。

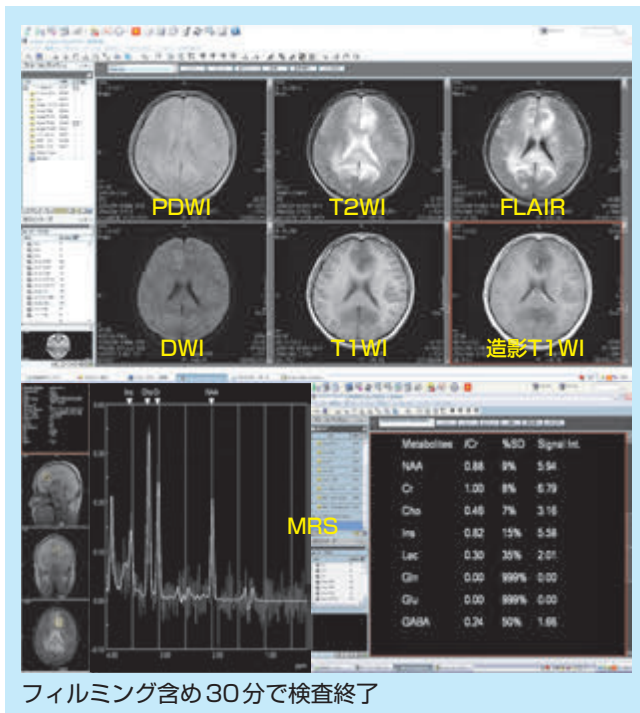


図9 : gliomatosis cerebri患者の検査例

## 7. おわりに

MRSを行うには、熟練したスペクトル計測技術と豊富なスペクトル解析経験が必要とされてきた。今回、われわれが開発した新しいワンボタンMRSシステムでは、簡便なワークフローで高精度なスペクトル検査を行うことができ、今までMRSの使用経験の無かった臨床サイトにおいても、日常診療における診断ツールとして活用することが可能と考えられる。今後、臨床MRIにおけるオプション検査として、MRSの普及が進むことが期待される。

※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) 原田雅史, ほか : MRスペクトロスコピー - MRI診断の強力助っ人として -, 画像診断, 23 : 1279-1287, 2003.
- 2) 平田智嗣, 日立メディコ1.5T MRI「ECHELON Vega」におけるMRスペクトロスコピー, INNERVISION, 22・9 : 76-77, 2007.
- 3) Provencher SW : Estimation of metabolite concentra-

tions from localized in vivo proton NMR spectra, Magn Reson Med 30 : 672-679, 1993.

- 4) 中西彰, ほか : 超電導磁石方式1.5T MRIシステムECHELON Vegaの開発, MEDIX, 45 : 27-32, 2006.
- 5) 清水勸一郎, ほか : 最新1.5T MRI装置ECHELON Vegaの初期使用経験, MEDIX, 46 : 37-40, 2007.
- 6) 青山信和, ほか : 1.5T MRI装置ECHELON Vegaの整形領域における初期使用経験, MEDIX, 47 : 18-21, 2007.
- 7) 桜井智生, ほか : 1.5T MRI「ECHELON Vega」の撮像テクニック, INNERVISION, 別冊付録(22・9), 15 : 2-5, 2007.
- 8) 原田雅義, ほか : 地域基幹病院における1.5T MRI装置ECHELON Vegaの使用経験, MEDIX, 49 : 29-32, 2008.
- 9) 原田雅史, ほか : MRS測定方法と精度管理に関する各社のアンケート結果, <http://www.jcr.or.jp/wg/wgms07.html>