

【産業技術】 **ライフサイエンス**

廉価でコンパクトな携帯型 MRI (米国)

"MRI"という言葉を書く時、恐らく、ほとんどの人は、多額のコストがかかり、大きな音を出す巨大なドーナツ形の装置を持った病院の特別治療室について思い出すだろう。米国エネルギー省ローレンス・バークレー国立研究所(バークレー研究所)の研究者は、MRI 技術をコンパクトで携帯型にして比較的安価で静寂にするテストに成功することより、レーザー基盤 MRI 技術の認識が変わることを期待している。

「我々は、光学的原子磁気測定に基づいた MRI 検出の斬新なアプローチを開発した。我々の技術は、これまでの MRI が適さない様々な状況において、充分に向上した感度と時間分解能を持った MRI 検出を実行可能とする代替を提供する」と NMR/MRI 技術の世界で主要な権威である化学者アレグサンダー・パインズは語った。パインズは、バークレー研究所材料科学部門と UC バークレー校の化学者として兼務している。

パインズは、バークレー研究所原子物理学部門と UC バークレー校物理学部に兼務するドミトリー・ブドカーと共にこの新しい MRI 技術の開発を率いており、パインズ研究グループのメンバーである、ショージュン・スーが MRI 測定を行った。この3名は、全米科学アカデミー会報(PNAS)8月22日号に報告されているこの技術に関する論文の共同執筆者である。PNAS 論文の他の著者には、バレリー・ヤシュチュク、マルコス・ドナルドソンおよびサイモン・ロチェスターがいる。

磁気共鳴画像(MRI : Magnetic Resonance Imaging)の略である MRI、および、その姉妹技術である核磁気共鳴(NMR : Nuclear Magnetic Resonance)分光法は、不対陽子や中性子が持つスピンと呼ばれる原子核の特性に基づいている。このような核は小さなコマのように軸上で回転し、磁気モーメントを生じさせる。それは、あたかも北極と南極を持つ棒磁石のように、核が作用することを意味する。外部磁界にさらされた時に、この回転する棒磁石は磁力線に沿ってその軸を整列することを試みる。整列は正確ではないので、その結果は、各タイプの原子に特有なグラグラと軸が動く回転あるいは歳差運動となる。

もし、磁界にさらされながら歳差運動をする核に高周波(rf)パルス照射すると、それらの核は歳差運動の周期により決まる特定周波数でエネルギーを吸収し再放射する。高周波パルスが磁場強度の勾配と結びつく時に、空間的情報を持った信号が発生し、検知することが可能でまた画像化ができる。

試料から空間的情報を持つ MRI 信号を得ることは、歳差運動をしている上向きか下

向きかの一つの方向を示す核のスピン分極に依存する。従来の MRI 技術は、検知可能な信号を作るために極端に強い外部磁界を必要としている。磁界が強いほど、信号は強くなるので、その結果は大型の高価な極低温の高磁界磁石を意味する。小さな磁石は、分極が弱くて MRI 信号が弱いという結果となる。したがって、より低い値でも検出可能とする信号検出方法が必要となる。

研究されている 1 つの代案には、SQUID(superconducting quantum interference devices: 超電導量子干渉デバイス)の使用がある。これは最微弱な磁気信号を検知することができるが、絶対零度に近い温度に冷却しなければならない。この要求が、SQUID を使用するのに高価でやや扱いにくい装置としている。さらに、その問題は有効に展開することができる状況を制限することになる。

パインズ、スー、ブドカーおよびその同僚によって開発されている代替 MRI 技術は、さらに、低磁界の信号に対して高感度でかつ室温で操作が可能というもの凄い長所がある。「我々の技術は、SQUID と比較できる感度を持っているが、超電導磁石や極低温を必要としないという事実が、装置の価格および維持を著しく低減し、広い範囲の応用にまでのこの技術を広めるであろう。さらに、我々の技術は、検出器アレイへ容易に統合することができる簡単なエレクトロニクスも持っている」とスーは説明する。

この新しいレーザー基盤アプローチの MRI への導入は、2 つの技術的進歩に由来する。1 つは、MRI の基礎的な 2 つのステップである信号のコード化と検出を物理的に分離することである。これはパインズの研究グループによって開発された。物理的にこれらの 2 ステップを分離することによって、各々の感度を最適化することが可能となる。

もう一方の進歩は、ブドカー研究グループによって開発された、非線形光磁気回転と呼ばれる現象に基づいた、非常に高感度な原子磁力計である。この磁力計では、単一の不対電子の特徴を持つアルカリ原子の試料をガラス容器の中で蒸発させる。この不対電子は、歳差運動をする核よりも 3 桁も強い磁気モーメントを持っており、原子自体をスピン棒磁石のように働かせる。レーザー光線が、その原子をポンプアップして、スピンの分極し、次に、MRI 信号のために分極した原子を検出する。

ブドカーによれば、従来の数 100 万ドルの価格の MRI システムに替わって、この代替 MRI 技術は、導入するためのわずが数 1000 ドルのコストしか掛からない。「我々のシステムは基本的に単純で、なんら高価な要素を含んでいない。全体の装置が電池式の携帯機器のように、非常にコンパクトに展開可能になると、我々は期待している」とブドカーは述べる。

パークレーの研究者がテストしたこの MRI システムでは、画像化する流体の水を、信号コード化の 2 ヶ所の小さな容器を通して通過させ、次に、1 対のブドカーの磁力計による問い合わせ信号用の U 字型の検出領域へ運ばれる。この 1 対の磁力計は、逆の符号を持った MRI 信号を検知するように、方向が向けられている。この構成は、劇的に信号対雑音比を改善し、強力な磁石の必要なしに、0.1 秒でマイクロリットルの水からの MRI 信号を検出することを可能とした。

「我々は、感度と検出効率の両面でこのシステムの最適化を続け、この技術をマイクロ流体やマイクロメーター領域の寸法の生物対象に適するようにする。さらに、装置のより一層の統合が進行中であり、全体のセットアップがポータブルになり、したがって、化学反応や生物過程をモニターする直列の分析機器として、便利に利用することができるようになるにちがいない」とスーは語った。

参考資料：

パインズ、ブドカー、スーと共同執筆者の論文

<http://www.pnas.org/cgi/content/full/103/34/12668>

アレグサンダー・パインズの研究についてのより詳細は、以下のウェブサイトへ

<http://waugh.cchem.berkeley.edu/>

ドミトリー・ブドカーの研究についてより詳細は、以下のウェブサイトへ

<http://socrates.berkeley.edu/~budker/>

(出典：<http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/MSD-MRI.html>)