

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

画像診断技術の最新動向（世界）

CT スキャン、テラヘルツテクノロジー、分子イメージングなど

本稿では米国を中心に世界における、コンピュータ断層撮影（CT）、核磁気共鳴画像（MRI）、テラヘルツテクノロジー、分子イメージングなど画像診断技術の最新動向を報告する。

目 次	
1. はじめに	
2. 研究開発への取り組み	3. 市販システムの動き
(1) テラヘルツテクノロジー	(1) CT スキャン関連の問題
(2) 新しいガン画像診断技術	(2) 米国市場の成長
(3) コンピュータ支援診断	(3) 乳ガンの診断
(4) 新しいソフトウェア	(4) 分子イメージング（分子画像解析）
(5) 小型内視鏡	(5) 投資および研究開発費の増加
(6) バーチャル診察	

1. はじめに

人口構成の高齢化や医療サービス・医療技術の急速な発展など様々な要因により、医療画像診断装置市場は全世界的に成長を続けている。しかし、欧州科学財団（European Science Foundation：ESF）では、今後予防医療や早期診断を実現するためには、医師、科学者、および産業が緊密な協力関係を築く必要があると見ている。

医療画像診断システムの世界市場は 300 億ドル以上の規模だと考えられている。9 月 27 日に発表されたりサーチアンドマーケット社¹のプレスリリースによれば、画像解析技術が進化して医療現場でデジタル画像がより頻繁に利用されるようになったことにより、画像診断に対する消費者の支出が増えているという。またメーカー側にとっては、研究開発費が多額に及ぶことが価格圧力となっている。医療画像診断装置の世界市場はゼネラル・エレクトリック（GE）社、シーメンス社、フィリップス社の 3 社によって全体の 75% のシェアが占められており、うち GE が圧倒的な首位の座にある。フィリップスとシーメンスの 2 社は、現在、医療分野に対する投資の強化を進めている。

三次元(3D)画像診断技術は、臨床医療において不可欠なものになりつつある。10 月 12 日に発表されたフロスト&サリバン社のプレスリリースによれば、コンピュータ断層撮影（computerized tomography：CT）や磁気共鳴画像（magnetic resonance imaging：MRI）などの撮像技術が臨床的に利用されるようになったことで放射線科は活気づいており、放射線医師にとって 3D 画像診断は最も重要なツールになっているという。

¹ <http://www.researchandmarkets.com/>

2. 研究開発への取り組み

世界中の大学や研究所では既存技術の改良や新技術の開発が続けられている。これらの研究開発の対象は、検出や撮像を行うハードウェアからより進んだ画像分析を可能にする最先端のソフトウェアシステム（つまりより精度の高い診断を可能にするシステム）まで広範囲に及ぶ。画像診断技術に関する最近の取り組みには次のようなものがある。

(1) テラヘルツテクノロジー

テラヘルツテクノロジーは今後数年間で医療画像診断技術を大きく進歩させることが期待されている技術分野であり、生体組織内の密度差を検出するためのテラヘルツ波²の開発が進められている。テラヘルツ波はDNAを傷つけない非電離放射線³であるため、X線解析の安全な代替技術として医療や歯科医療への適用が期待されている。テラヘルツテクノロジー分野における最近の取り組みには次のようなものがある。

ロスアラモス国立研究所の研究グループがテラヘルツ波の放射を制御する装置を開発したという記事が2007年4月1日のAdvanced Imaging誌に掲載された。開発された装置は、革新的な撮像手法から最新の通信技術に至るまで、様々な電子技術や光通信にテラヘルツ波を利用するための基盤として利用できる可能性がある。テラヘルツ波の波長範囲は赤外線⁴の波長とマイクロ波⁵の波長の間に位置する。

ロスアラモスのHou-Tong Chenらはネイチャー(Nature)誌に掲載された論文の中で、テラヘルツ波の放射を効率的に制御するメタマテリアル⁶の設計方法を明らかにしている。Chenによれば、テラヘルツ波の放射や検出を行う装置は既に開発が進められているが、制御技術に関しては開発が遅れているという。テラヘルツテクノロジーを電子技術や光通信技術に幅広く応用するために次に必要になるのは制御技術だと彼らは考えている。

Chenらの開発した装置は、微細加工技術を利用して金のメタマテリアル構造を半導体基板に配列させたものである。この装置では、基板とメタマテリアルの間に電圧をかけることにより、テラヘルツ波の強さを最大50%まで調節することができる。実証実験ではすでに既存の電気テラヘルツ波変調器よりも優れた結果が得られているが、研究チームは今後数ヶ月で装置の性能の更なる向上を目指すという。

² テラヘルツ波：周波数1THz前後の電磁波。T線(T-ray)、THz電磁波、テラヘルツ光などとも呼ばれる。

³ 非電離放射線：放射線が物質内に入ったときにその物質を構成する原子内の電子を軌道から弾き飛ばすことを電離(あるいはイオン化)という。この電離作用を起こす能力のない放射線のことを非電離放射線と呼ぶ。

⁴ 赤外線：可視光線よりも長い波長(約0.7 μ m~0.1mm)を持つ電磁波。

⁵ マイクロ波：電波の中で最も短い波長域を持つ電磁波。波長域は特に規定されていないが一般的には1mm~1m程度とされる。

⁶ メタマテリアル：単位粒子を波長よりも小さい間隔で並べた構造(サブ波長構造)を持たせることにより自然界にない特性を発現する人工の物質。

バッファロー大学では、テラヘルツ波の放射装置と受信装置を作るために新たにネット上の研究室が設置されることになった。このネット上研究室の活動は 2008 年の年末まで継続する。2007 年 10 月 12 日の The Buffalo News に掲載された記事によれば、バッファロー大学は NYSTAR (ナイスター)⁷ から 75 万ドルの助成を受けて、テラヘルツ波の専門家である Gottfried Strasser を迎えたという。

これらのテラヘルツ波装置は、細胞機能を理解する鍵となる「タンパク質の折りたたみ過程 (フォールディング)⁸」に関する研究などに利用されることになる。この研究ではテラヘルツ波を利用することにより、タンパク質の分子構造に影響を与えずに、タンパク質が形を変える瞬間を解明することを目指す。

レンセラー・ポリテクニク大学の研究者が携帯型のテラヘルツ分光計を開発したという記事が 2007 年 2 月 16 日の同大学プレスリリースに掲載された。テラヘルツ波はこれまで検出・撮像技術の新しい突破口になると期待されながらも、発生させるために巨大な設備が必要であることから実用化が難しかった。

同大学のブライアン・シュルキンは、超軽量の携帯型テラヘルツ分光計を発明し、新しく創設されたレメルソン-レンセラー学生発明賞⁹の最初の受賞者として 3 万ドルの賞金を得た。この発明により、テラヘルツ波技術を研究室から市場へと送り出すことが可能になった。シュルキンの発明した「Mini-Z」は既存のどのテラヘルツ機器よりもはるかに小さく軽量であり、スペースシャトル断熱材の亀裂の発見や、乳腺腫瘍の画像診断、偽造紙幣の透かしの判別など、様々な用途においてすでにその有用性が証明されている。重さ 2kg 程度でブリーフケースにぴったり収まるサイズのこのようなシステムが開発されたことにより、国土の保安や生物医学画像診断、工業部品の非破壊検査など幅広い用途への扉が開かれた。

米国の**スパイア社**¹⁰のプレスリリースによれば、同社の「高出力室温動作テラヘルツ波放射のための共鳴トンネルダイオード¹¹」が米陸軍省の小企業技術移転プログラムに選ばれ、9 万 9,724 ドルの資金提供を受けたという。このプログラムでは、10mW (ミリワット) を超えるテラヘルツ波の、常温での連続出力を可能にする小さな半導体素子が開発される。このレベルのテラヘルツ波出力を実現するには、現状ではもっと複雑で、大きく高価な真空装置が必要である。テラヘルツ波には防衛、生物医学、科学の各分野で様々な用途があり、武器や爆発物の発見にも役立つことがわかっている。同社はバージニア大学とチームを組み、開発の候補となるさまざまな半導体材料の構造を特定、分

⁷ NYSTAR : New York State Office of Science, Technology and Academic Research

ニューヨーク州が同州の大学における研究活動を強化する目的で 1999 年に導入した支援プログラム。

⁸ タンパク質の折りたたみ過程 : アミノ酸が自発的に立体構造を形成しタンパク質になるプロセスのこと。

⁹ Lemelson-Rensselaer Student Prize <http://www.eng.rpi.edu/lemelson/>

¹⁰ <http://www.spirecorp.com>

¹¹ Resonant Tunneling Diode for High-Power Room-Temperature Terahertz Emission

析し、必要な実験手法を確立する。このプログラムの次の段階では、テラヘルツ波を使った発振器のプロトタイプ（試作品）が作成されるという。

(2) 新しいガンの画像診断技術¹²

レーザーを使って血管の 3D 画像を撮像する新しい手法が**デューク大学**の研究者らによって開発された。2007 年 4 月 12 日に発表された米国光学学会のプレスリリースによると、今回開発された手法を使えば比較的深部にある組織（最大で 1mm）の血管をミクロンスケールで 3D 画像化できるという。これは血管細胞レベルでは MRI で計測できる解像度を上回る精密さである。この技術は赤血球にヘモグロビンが集中していることを利用したもので、ヘモグロビン分子の位置を画像化して赤血球の配置、ひいては血管自体の配置を割り出す。臨床的には、この撮像技術を使って腫瘍血管新生¹³を検出し、ガンの転移を検査する手法の開発が期待されている。

(3) コンピュータ支援診断

デューク大学の医学物理学者らは、マンモグラム¹⁴の診断精度を高めるために知識ベースのコンピュータ支援診断（KB-CAD）システム¹⁵の改良に取り組んでいる。従来のシステムでは、データベースに含まれる過去に診断された乳ガンの全ての写真が、新しい患者の X 線写真と比較される。しかしこの新しい手法では、診断する写真と類似して情報量の多い写真のみがデータの中から選択され、比較に利用される。

(4) 新しいソフトウェア¹⁶

英国のエジンバラに拠点を置くソフトウェア企業の**バルコ社**が、スコットランド開発公社から研究開発費として 100 万ポンドの資金提供を受けた。同社はこの資金を使って、同じ時間でより多くの患者を診断できる次世代の医療画像診断ソフトウェアの開発に取り組む。

(5) 小型内視鏡

マサチューセッツ総合病院光医学ウェルマンセンターの研究チームが、体内の検査しにくい場所の高解像度 3D 画像を撮像できる世界初の超小型内視鏡を開発した。研究者らによれば、この内視鏡のプロープ（探触子）は人間の毛髪の太さ程度のサイズであり、今回の開発によって侵襲性の低い検査や治療法の普及が促進される可能性があるという。

(6) バーチャル診察

¹² http://www.cleoconference.org/media_center/cancerresearch.aspx

¹³ 腫瘍血管新生： ガンが増殖する際に既存の血管から新しい血管が形成されること。腫瘍細胞が血管新生を誘導する分子を放出し、腫瘍の栄養路となる血管を形成させる。

¹⁴ マンモグラム： 乳房の X 線写真。

¹⁵ KB-CAD システム： knowledge-based computer-assisted detection system

専門医の診断過程を知識ベースとしてコンピュータに組み込み、診断に利用するシステム。

¹⁶ <http://business.scotsman.com/index.cfm?id=1810022007>

英国の**グラスゴー美術大学デジタル・デザイン・スタジオ**と**エジンバラ王立外科学会**¹⁷の研究者らにより、診察のトレーニングと治療レベルの向上に役立つ仮想（バーチャル）医療画像技術の開発が進められている。2007年11月15日付のヘラルド紙によれば、このソフトウェアを使用すると、病院で撮られた走査画像が3D画像に変換され、アイマックス(IMAX)映画のように目の前に現れるという。医師は3Dゴーグルをかけてこれらの画像を観察し、特殊なバイブレーショングローブを装着して患者の体内を探り、骨や臓器に触れて動かすことを体感できる。

3. 市販システムの動き

市販の診断用撮像システムは引き続き進化しており、この分野の研究開発プログラムに対する企業の投資も続いている。市販医療画像診断システムに関する最近の動きには次のようなものがある。

(1) CT スキャン関連の問題

CT スキャンシステムの開発を進めるには避けて通ることのできない課題が幾つかある。たとえばMRIによる検査が可能な埋込型機器¹⁸の開発などである。また、現在医療関係者の間では、CT スキャンがガンの要因になるという主張の正当性を検証する取り組みが始まりつつある。

2007年11月5日に配信されたAP Worldstreamの記事の中で、CT スキャンの新しい可能性を示す大規模なテストの結果と、この新しい利用方法に対する反対意見が紹介された。現在米国では年に130万人もの人々が心臓カテーテル法による冠動脈狭窄の検査を受けている。しかし、このテストを行ったジョーンズ・ホプキンス大学のジュリー・ミラー博士によれば、最新のCT スキャンを利用することで、それらの検査のうちの何割かは必要なくなるかもしれないという。だがこの問題については賛否が分かれている。メディケア¹⁹や民間保険会社の間ではCTによる検査に対して費用を支払うか否かについて議論が起きている。また、CTの利用に反対の立場をとっている心臓専門医も多い。反対意見の根拠の一つは、これらの装置では放射線の照射量が多いということにある。米国心肺血液研究所のマイケル・ラウア博士によれば、CTの放射線はガンのリスクを高める原因になるだけでなく、国民に広く利用されるようになればその他多数の疾患を引き起こす可能性があるという。各メーカーは、この問題に対応するために放射線照射時間のより短い製品の開発を進めている。12月13日の日経新聞には、東芝メディカルシステムが既存の高性能システムよりもスキャン時間が4倍短く、1検査あたりの放射線被爆量を4分の1に抑えることのできるCT スキャンシステムを開発したという記事が掲載された。

¹⁷ Royal College of Surgeons of Edinburgh Scotland

¹⁸ 現状では、心臓ペースメーカーなどの埋込型機器を装着している場合はMRI検査を受けることができない。

¹⁹ メディケア：米国政府の運営する高齢者向け医療保険制度。

(2) 米国市場の成長

米国の調査会社 BCC リサーチによれば、医療画像診断機器の米国市場は 2007 年末までに 77 億ドルの規模になるという。BCC では、この市場規模は 2012 年までに 110 億ドルに達すると予測している。2007 年 10 月 30 日に発表された同社のプレスリリースでは、米国の医療画像診断機器市場を大まかに超音波、MRI、X 線検査 / マンモグラフィー、CT、陽電子放射断層撮影法 (positron emission tomography : PET) に分けて、それぞれの現在の市場規模と今後の成長についての見通しが発表された。

市場全体の約三分之一を占め最大のシェアを持つ CT では、2007 年の推定市場規模が 23 億ドル、2012 年の予測は 32 億ドルであった。2 番目の市場シェアを持つ MRI は 2007 年の市場規模が 18 億ドル、2012 年には 28 億ドルを超えると予測された。市場シェアの 3 番目は超音波診断機であり、現在の市場規模が 16 億ドル、2012 年には 23 億ドルに達すると予測された。X 線検査 / マンモグラフィー装置は現在の市場規模が 13 億ドル、2012 年には 20 億ドルにまで伸びると予測された。PET は、PET/CT 装置を含めて 2007 年の市場規模が 6 億 6,980 万ドル、2012 年には 9 億 9,100 万ドルに増加すると予測された。

(3) 乳ガンの診断

Imaging Diagnostic Systems 社の Web サイト²⁰によれば、同社は乳ガンの検査や診療に役立つ画期的な撮像装置を新しく開発したという。同社の開発した CTLM® (CT Laser Mammography) システムには、特許で保護された連続発振レーザー技術と、乳腺の 3D 画像を合成するコンピュータ・アルゴリズムが利用されている。この装置を使えば、患者を電離放射線に晒したり乳房を強く圧迫したりすることなく、非侵襲的で痛みを伴わないやり方で検査を行うことができる。CTLM はマンモグラフィーと併用するように設計されており、この装置を使って乳房内の血液分布を明らかにし、ガンの成長と関連している可能性の高い血管新生のプロセスを画像化することができる。

(4) 分子イメージング (分子画像解析)

生物学における画像技術の最近の主要な成果の一つに、分子イメージング研究の進歩、中でも体内で特定のバイオマーカーを標的とする造影剤の設計が可能になったということがある。検査手法や画像構成ソフトウェア、また特定の生体内作用を細胞・分子レベルで観察するための分子プローブと造影剤などといった生物学における画像技術の進歩により、単離細胞や細胞組織、あるいは動物モデルの研究などにおいて、より優れた空間的・時間的・濃度的分解能が実現できるようになった。現在では、分子のプロセスを非侵襲的に観察するのみならず、それらのプロセスの量や変化を時間経過にそって観察することも可能になっている。これらの技術は臨床への応用が加速度的に進んでおり、医療現場での意志決定において非常に有用な情報源となっている。

²⁰ <http://www.imds.com>

(5) 投資および研究開発費の増加

診断システムに対する需要の増加を見込んで、多くの企業がこの分野への投資を増やしている。主な例として次のようなものがある。

富士フイルムグループが、医療画像診断システムを中心としたライフサイエンス分野への投資を強化することを計画している。

昨年 10 月 15 日の日経ウィークリーに、富士フイルムが最近、業界で最速のデジタル X 線画像読取装置となる FCR Capsula-2 を発売したという記事が掲載された。同社はまた、医用画像ネットワークシステム「Synapse」の販売の拡大に取り組んでいるほか、疾患の迅速な発見を可能にするための画像を高速処理できる一連のデジタル X 線読取装置を発売することも計画しているという。富士フイルムは超音波診断システムや内視鏡も販売していることから、これで医療画像分野のニーズをすべて満たすことのできるワンストップ・ショップ²¹となる。同社はさらに、高解像度の新しい超音波乳ガン検査装置の発売も計画しているという。この機器には、米国に拠点を置く新興企業ゾネアメディカルシステムズによって開発された技術が利用される。

テキサスインスツルメンツ (TI) 社が世界各国の大学を対象に、優れた医療技術の研究プログラムに対して 1,500 万ドルの資金援助を行うことを発表した。援助対象となる研究分野には医療画像診断技術も含まれるという。

家庭用品メーカーの**アイリスオーヤマ社**がテキサス大学 MD アンダーソンがんセンターと研究協定を締結し、同センターの進める脳腫瘍診断のための新しい検査用薬剤の開発に協力することを発表した。同社は見返りとして、この共同研究によって開発された薬剤の独占販売権を得ることになるという。

翻訳：桑原 未知子

(出典： SRI Consulting Business Intelligence Explorer Program)

²¹ ワンストップ・ショップ：ある分野において関連する全ての商品やサービスを取り揃えた総合店舗のこと。