

領域別超音波最新動向 アプリ&プローブ, モバイル活用法

企画協力：谷口信行

自治医科大学医学部臨床検査医学教授

超音波診断装置は、医療現場に広く普及し、検診やスクリーニング、精密検査、治療などに幅広く用いられています。低侵襲な検査を施行できることから、最近、ますますその存在感を高めています。特に近年、技術の進歩により、新たなアプリケーションや機動力に優れたモバイル型超音波診断装置が登場したことで、活用の場はさらに広がりを見せています。そこで本特集では、領域別に超音波医学の最新動向を概観した上で、最新アプリケーションやプローブ、およびモバイル型装置が臨床の場でどのように活用されているのかを取り上げます。

US Today
2014

I 領域別超音波最新動向

1. 基礎

1) 一般

医用超音波技術の最新動向

蜂屋 弘之 東京工業大学大学院理工学研究科

医用超音波技術は、この半世紀の間に著しい発展を遂げ、画像診断に大きな貢献をしてきたが、近年の技術進歩は医用超音波にも、さらなる種々の可能性を提示している。デジタル信号処理技術の進展による大量データの実時間処理に加え、微小なバブル利用、強力集束超音波による治療、超音波送受波素子の進歩、携帯型装置の登場など、従来は不可能であった機能が実現し、定量診断技術への展開も図られている。本稿では、最新の超音波診断装置に関連する技術について概観する。

超音波診断技術の概要

超音波診断は、安全性が高く、リアルタイムに体内の画像を描出できることから、重要な診断手段として広く普及している。送受される音波の周波数が数MHzであるので、高速で高度なデジタル信号処理が進行し、その基盤の上に種々の応用技術が進展しており、今後とも発展していくと予想される。超音波画像による診断は、短いパルスを送波し、対象からの反射波を受波するパルスエコー法による臓器の断面表示画像、あるいは

臓器断面にドプラ法により得られる運動情報を加えた画像より得られる形態的特徴と、画像輝度パターンの定性的判読を中心として行われてきており、定量性の検討は今後の進展が期待されている領域である。1990年代半ばになり、フルデジタル化された超音波診断装置が現れ、医用超音波技術も急速な発展を遂げ、これまでの診断装置では不可能であった処理が可能となり、画質も大きく改善した。さらに、生体からの反射波を高精度に収集し、多くのエコー信号情報が得られるようになり、定量診断の研究や、最近では触診時に感じる生体の「硬さ」に

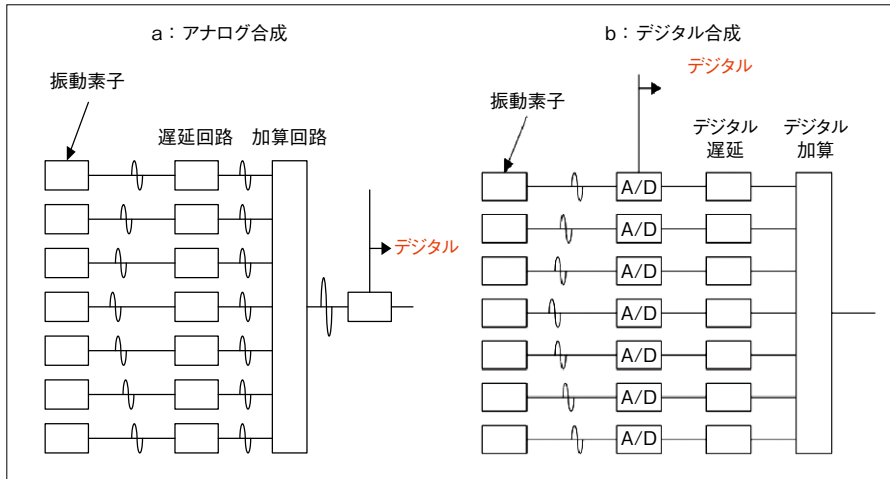
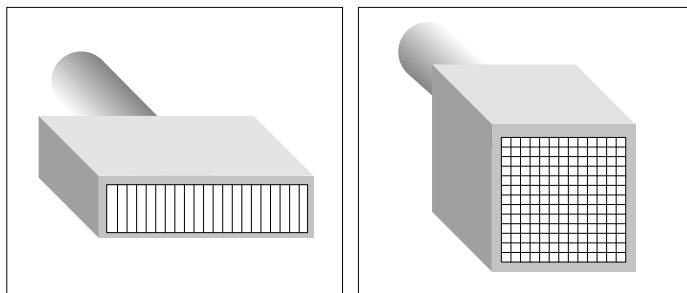


図1 アナログによる信号の合成 (a) とデジタルによる信号の合成 (b)



a: 一次元アレイ b: 二次元アレイ
図2 一次元アレイと二次元アレイ

対応する指標を測定する方法の検討も盛んになってきた。

超音波診断装置の進歩

超音波診断装置の最近の進歩を、①デジタル信号処理技術による処理の高度化、②半導体技術を利用した素子の高密度化、③送受波器の進歩による高周波化と広帯域化、④生体からの信号生成過程の理解による定量化、⑤新たな物理現象を利用した高機能化に分けて概説する。

1. デジタル信号処理技術の進歩による処理の高度化

超音波診断装置では、デジタル技術の進歩により、多数のセンサからの信号を個別にデジタル化し、デジタル信号処理によりビームの形成などを高精度に行うことが可能になった。複数の信号を遅延しながら加算し、音波の集束状況をコントロールする部分をビームフォーマと呼ぶ。図1に、アナログビームフォーマ

とデジタルビームフォーマの構成を示す。デジタルビームフォーマでは、アレイセンサを構成する多数の素子の音響信号をデジタル的に扱っている。

このようなデジタル信号処理により、次のようなことが可能となった。

① 高精度なビーム形成

ビームを形成するためには、各素子の信号遅延を制御する必要がある。デジタルビームフォーマでは、高精度な時間制御と重みづけが可能で、高精度なビーム形成が容易となる。

② 連続的な受信焦点の設定

遅延量や重み量を自由に設定できるので、各深度に受信焦点を連続的に設定することが可能である。

③ 多方向同時受信による時間分解能の向上

デジタル遅延、デジタル加算の部分を複数、並列に動作させることにより、複数の方向の情報と同時に受信することが可能になった。これにより、時間あたりの画像枚数を増やすことができるので、時間分解能の向上につながる。

④ 高度なデジタル画像処理

信号処理技術が高度化すれば、センサに対する要求も高くなる。従来のプローブがセンサ素子を一次元に並べて断層像を得るのに対し、最近では二次元に格子状にセンサを配置する二次元アレイセンサも実用化されてきた(図2)。二次元アレイプローブを用いると、一次元アレイで形成した方向と直交する方向のビーム形状も制御できるので、三次元的に細いビームを形成することができる。さらに、三次元空間のスキャンが可能になる上に、三次元空間における同時受信により、時間分解能がさらに改善される。この結果、心臓のような動く臓器の三次元画像の描出も、画角をある程度限れば可能な段階に達してきた。

2. 半導体技術を利用した素子の高密度化

二次元アレイは、送受波器の作製が従来技術のままでは困難となっていく。20×20素子程度のアレイを構成したとしても、400素子のデータを扱うこととなり、一次元アレイの1×100素子=100素子に比べれば数倍の回路規模となる。さらに、センサの素子面積が小さくなるので、信号出力を取り出すことが困難となり、各センサの感度の向上などの材料と、製造方法の進歩が不可欠である。

半導体の微細加工技術を駆使して作製された、微小な部品からなる電気機械システムMEMS (micro electro mechanical systems) に関する研究が盛んになっているが、音波センサをシリコン基板上に配列する研究も進められている。図3に示した音波センサ素子は、シリコン基板上に金属膜を付けた窒化シリコン振動膜を作製し、音波によりこの膜が振動するのに伴い、静電容量が変化するのを検出する構造の変換器単位である¹⁾。逆に、電圧を印加することにより音波を放射することもでき、1つの素子サイズは数十μmである。このような単位素子を多数配列したプローブも実現されている。

高密度のLSI (large scale integration) 技術は、携帯電話サイズの超音波診断装置を実現させた。最近いくつか登場している数インチ程度のディスプレイの超音波診断装置は、バッテリー、プローブ