



# 超音波画像診断装置の現状と未来

アロカ株式会社

田中一史

未来医学事典  
MIRAIIGAKUJITEN

## はじめに

超音波画像診断装置は、安全性と簡便性ゆえに広く普及し、様々な領域で用いられるようになった。電子走査式リアルタイム超音波診断装置が誕生してから30年近くが経過し、その基本的なアーキテクチャこそ継承されているが、装置の画面に表示される情報の量は大幅に増えている。本稿では、近年の超音波診断装置の技術的なあゆみを紹介しながら、超音波の将来についても私見を含めて述べてみたい。

## グレースケール断層像の性能向上

分解能の向上は画像診断を担う以上は常に追うべきテーマであるが、超音波診断装置の性能指標としての空間分解能や時間分解能、あるいは感度の向上といった要件は、技術的に見ると相互にトレードオフの関係にあり、これらのバランス点（悪く言えば妥協点）を、診断領域ごとにユーザーと共に探りながら使ってきたという経緯がある。しかし近年、超音波のビーム制御技術や振動子技術の向上により、このバランス点のレベルが大幅に向上した。特に、受信ビームの整相加算部がデジタル化されたことによって、連続的な受信フォーカシングが可能になり空間分解能が改善された。一方、1度の送信で受信ビームを複数本得る方式が普及し、時間分解能も飛躍的に向上したり。さらに最近では、音響的なアーチファクト（虚像）の低減に大きな効果が得られる技術として、音波の生体伝搬に伴う非線形効果を利用したティッシュハーモニック法が実用化され、従来法よりもクリアな断層画像が得られるようになった。

超音波断層像の将来を思う時、リアルな表現とは何かと改めて考えさせられる。現在の超音

波グレースケール像をよく見ると、特に実質臓器は粒の集まりで表現されているのがわかる。これは超音波の微小な屈折や散乱により相互に干渉した結果としての斑紋（スペックルパターン）であり、このパターンが組織性状により異なることも画像表現の一助になっているのだが、実際にはそのような粒は存在しない<sup>1)</sup>。超音波が次なる段階に到達するのは、「粒」で表現する今の超音波画像のパラダイムが崩れる時かもしれない。

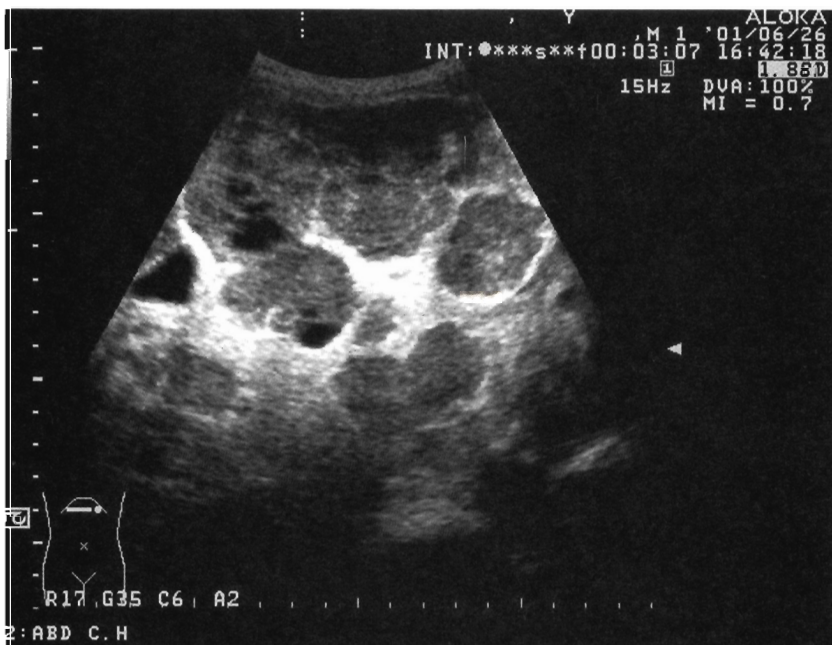
### よりクリアな血流情報の獲得

1982年に日本で発表されたカラードプラ法による血流情報の2次元マッピングが実現して以来、超音波診断において血流情報の獲得は欠かせないものになってきた。一般臓器では腫瘍の質診断や治療効果の判定、心臓では弁逆流の診断など、血流の有無や動態の情報が得られることの重要性は高い。カラードプラ法で血流を血

流として認識する原理は、単純に言うと血液が「動いている」という事実そのものに拠っている。血液からのエコー信号はそのレベルが通常の組織に比べて小さいというだけで、信号自体に特徴があるわけではなく、音波を繰り返し送受信した場合に位相に表れる変化をもって血流の存在を認識し、速度を検出しているのである。

血液からのエコー信号は微弱なため、これを増強する目的で超音波造影剤が比較的古くから使用されている。超音波造影剤は、エコーの増強を効率良く得るために気体ないしは気体封入物を用いるのがほとんどである。音響的に見ると生体は水に近く、水に対しては固体よりも気体の方が遥かに反射率が高いためである<sup>1)</sup>。従来より炭酸ガスを動注するなどの方法が取られていたが、近年、気泡を閉じ込めたマイクロカプセルが各種開発され効果を上げている。これらは肺循環を通過し得る大きさのため静注によっても動脈系の造影が可能で、なおかつ素材の生体適合性も優れるため安全度が高い。

図1 造影剤による転移性肝癌の画像、白く染影されない部分が腫瘍である



(提供:大阪労災病院・鈴木都男氏)

当初は、単純にマイクロカプセルの中身が気体であることによる強反射を期待する使い方が主であった。実際、造影剤投与によりカラードプラ画像の血流検出感度は向上するが、超音波装置各メーカーは血流検出能力の一層の向上を目指し、造影剤のマイクロバルーンないしはバブルとしてのダイナミックな挙動に目を向けるようになった。バブルは音波の照射を受けたときに非線形な挙動を示し、反射波を歪ませるといった性質を持つ<sup>2)</sup>。これにより発生する高調波(ハーモニクス)を観測することでバブルからの信号を選択的に取り出すコントラストハーモニクス法が開発された。またバブルは、音波照射により壊れるなど大きく状態変化を起こすため、その前後のエコーの変化を観測することでバブルの存在を検出する手法なども開発された。これらの技術により応用面においては、音波照射でバブルを破壊した後に、同部位に再灌流するバブルを見て血流の動態を観測する手法や、肝臓の健常部位にだけバブルが取り込まれるとい

う性質を利用して、腫瘍部分を際立たせる手法(図1)などが確立し、ここ数年の造影剤の進歩と共に超音波による血流情報の表示技術は格段の発展を遂げた。

今後数年以内に新たな超音波造影剤がいくつか認可され、より微細な血流情報を提供できるようになるはずである。このように造影剤にまつわる技術は当面話題性に事欠かないと思われるが、実は簡便性や低侵襲が売りものの超音波としては必ずしも理想的な状況とは言い難い。造影剤を用いずとも十分な情報が得られる手法が開発され、少なくとも一般検査では、患者の負担が最小限になる方向を目指すべきであろう。

## プレゼンス向上としての3D表示

昨今盛んになりつつある3D表示は、超音波でも一部の領域では重要なアイテムになりつつある。超音波診断は検査時にスライス断面を自由に選べるのが長所の1つではあるが、それゆえに

図2 3次元表示 (Vol-Mode)による胎児画像の例



(提供: Dr.Dhiraphongs Charoenvithya and Dr.Boonchai Uerpairakit, Chulalongkorn University, Thailand)

出力画像は検者以外への了解性が悪い。これを解消する手段として3D表示は有効である。現在、産科領域で実用化が先行している3次元表示 (Vol-Mode) による胎児の画像 (図2) は、妊婦に対して心理的に良い影響を与え得ることが報告されている<sup>3)</sup>。私達が持ち込んだ装置で撮像した胎児の3次元画像のプリンアウトを手渡したときの妊婦さん達の幸せな表情は忘れられない。

今後、3Dは診断能力としての臨床価値を問われる領域での実用性を高めていこう。現在はリアルタイム性などの基本性能の向上が重要な課題である<sup>4)</sup>。また、超音波検査のスライス断面選択の再現性を補う意味で、検査後に任意の断層像を切り出せるポリウムの形でデータ保存するというスタイルが、記録媒体の大容量/低価格化と共に増すのではないかと予想している。

## おわりに

業界内の話で恐縮であるが、ここ数年で超音波メーカーの再編が進み、事実上のプレーヤー

の数が減った。市場の成熟がいわれて久しいが、実はその本質は技術の停滞がもたらしているとも言えなくもない。これまでの市場の拡大とは、いわば診断領域の拡大の結果であり、メーカーもさることながらユーザーの熱意によって開拓された部分が大きいと認識している。現代の「エコ」に取って代わるモダリティーが、今の超音波技術の延長上にあるのか、全く別の世界から現れるのかわからないが、装置の開発に携わる一員として、技術オリエンテッドな、できれば超音波技術オリエンテッドなシステムを提案し微力ながら医療の発展に貢献したい。

### 参考文献

- 1) 高木堅志郎、他編、超音波便覧、丸善株式会社
- 2) 竹内康人、微小気泡型超音波造影剤の音響学的挙動に関する知見ないし共通認識、超音波医学、Vol.28, No.5 (2001)、日本超音波医学会
- 3) 真鍋 敦、他、胎児3次元画像が母児間の心理学的結びつきに及ぼす影響について、超音波医学、Vol.25, No.1 (1998)、日本超音波医学会
- 4) 望月 剛、他、超音波高速3次元表示 (Vol-mode) 画像の特徴、信学技報 TECHNICAL REPORT OF IEICE, US98-59(1998-10)