

放射線科医からみた ARIETTA 850

ARIETTA 850 as seen from a radiologist

齊藤正人 Masato Saito / 廣川直樹 Naoki Hirokawa

奥田洋輝 Hiroki Okuda / 大谷緋美 Akemi Ohtani

坂田耕一 Koh-ichi Sakata

札幌医科大学 放射線医学講座



齊藤正人

ABSTRACT

超音波の画質向上は、診断能の向上に直結するほか、検査時間短縮、さらには安全で正確な穿刺治療を展開することが可能となる。超音波本来の画質向上を追求した ARIETTA^{*1} 850 に関して、われわれの初期使用経験を紹介する。

Improvement of the quality in ultrasound imaging makes it possible not only to directly improve the diagnostic ability but also to shorten the examination time and to develop a safe and accurate puncture treatment. We will introduce our initial experience on ARIETTA^{*1} 850 which pursued the ultrasound imaging.

Key Word: eFocusing, CMUT, RVS, Puncture Treatment

はじめに

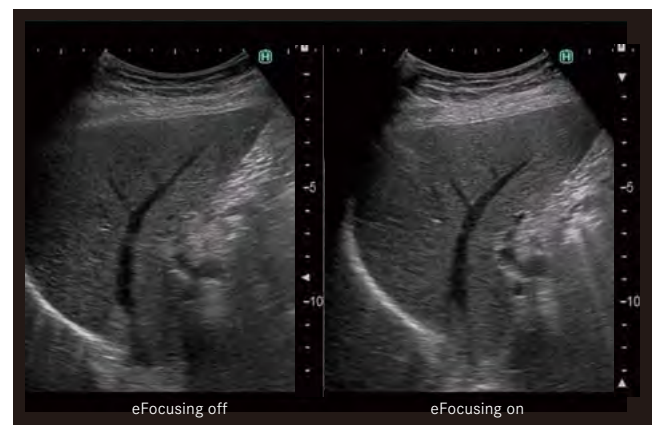
超音波画像診断は B mode に始まり、ドプラ、Tissue Harmonic Imaging (THI)、Contrast Harmonic Imaging (CHI)、elastography と核となる技術革新が、現在の超音波診断に必要な不可欠となっている。また、治療面では各種画像との Fusion をはじめとするアプリケーションの充実が目覚ましい。2017年、株式会社日立製作所のハイエンド装置としてリリースされた ARIETTA^{*1} 850 には、eFocusing といった新たな送信受信技術、4G CMUT プローブといったこれまでにない帯域幅を持つプローブが接続対応された。本来持つ超音波の基本性能の向上を追求したほか、高いコントラスト比を特徴とする有機 EL (OLED: Organic Light Emitting diode) モニタを搭載するなど、画質にこだわりを感じさせる。今回、ARIETTA 850 を実臨床で経験したのでその使用感を報告する。

eFocusing

検査術者によるそのつどのフォーカス設定の必要がない eFocusing 技術では、フレームレートの低下がなく浅部から深部まで均一かつ S/N 良好な画像を取得することができる¹⁾。実際の正常肝での使用例を図 1 に示す。eFocusing と一点 Focus (eFocusing off) の比較で、eFocusing では浅部、深部ともにスペックルパターンは細かく、実質エコーも全体に均一で

図 1 eFocusing 有無による画像比較 (1) ~正常肝~

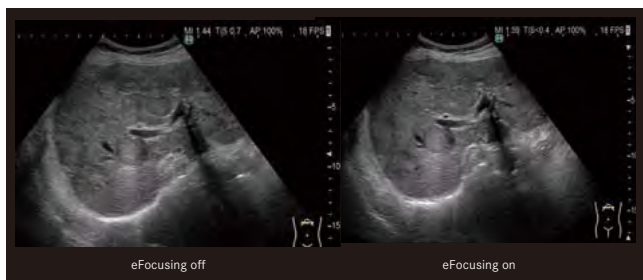
(左) eFocusing off (9cm の一点 Focus)、(右) eFocusing on
eFocusing により肝表から深部まで均一で分解能の高い画像取得が可能である。



ある。また描出されている肝静脈の輪郭も eFocusing のほうが明瞭で、深さに関わらず分解能が良好である。

図 2 の乳癌による肝転移の症例では、肝右葉や内側区域に bull's eye sign を示す結節が多発する。フォーカス設定している深部 9cm 付近では eFocusing (図 2 右) と一点 Focus (図 2 左、eFocusing off) では違いを感じさせないが、一点 Focus の画像では体表に近い部分で少し境界がぼやけている。一方、eFocusing では辺縁低エコー帯のコントラストがより明瞭で

図2 eFocusing有無による画像比較(2) ～乳癌肝転移症例～
 (左) eFocusing off (9cmの一点Focus)、(右) eFocusing on
 eFocusingにより病変の描出が明瞭となる。



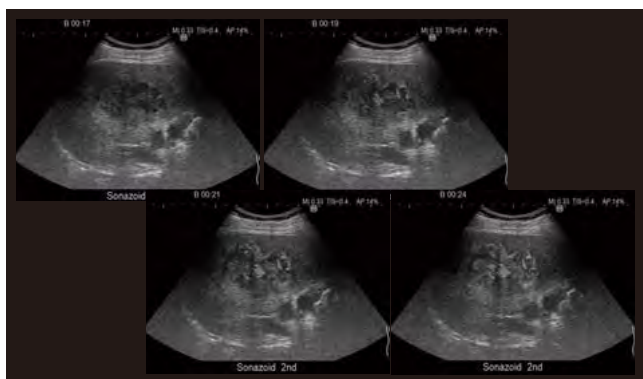
あり、描出部分全体の焦点が合うことと合わせて、detectabilityでの優位性を示唆させる。

一般的にフォーカス点を観察したい病変の下端に設定するが、つどのフォーカス設定が必要ないeFocusingは、手間と検査時間の短縮から検査効率の向上に寄与すると考えられる。また、超音波の初学者でも撮像しやすい環境が何われ、スクリーニング検査において見逃し減少につながるかもしれない。

造影モードについてはphase inversion法、amplitude modulation法ともにeFocusing未対応である。造影検査はより手間と時間がかかる。eFocusingでは検査術者の負担軽減、検査時間の短縮効果が見込まれることから、造影検査での必要性をより感じる。今後の適応拡大・製品化に期待したい。一方で、THIを用いた、B mode下造影(一般的にlow MI造影とも言われる)ではeFocusingが使用可能である。図3はHCC(Hepatocellular carcinoma)の症例で、Defect re-perfusionをeFocusing併用のB mode下造影で評価したものである。病変の視認性は良好であり、流入する細かな腫瘍血管も詳細に観察することが可能となっている。B mode下造影に関しては、通常の造影モードよりも少しMI値は高めの設定(MI:0.3~0.5)で撮像することが多いため、素早いsweep scanで動画保存したのちに、あとでゆっくり読影確認することも少なくない。そのような場合、浅部から深部まで分解能が保たれるeFocusingの使用は、見逃しの少ない読影に大きく寄与する

図3 eFocusingを用いたB mode下造影(Defect Re-perfusion) ～HCC症例～

eFocusingを用いたB mode下造影は、条件設定などの煩雑さがなく簡便で、かつ分解能の高い画像を取得することが可能である。造影モードでのeFocusingに期待したい。



であろうと推察する。今後の症例集積にて有用性を評価したい。

CMUTプローブ

4G CMUT (Capacitive Micro-machined Ultrasound Transducer) は、日立独自の最新半導体技術で、ARIETTA 850に接続対応されている²⁾。CMUTは、薄膜構造の振動子セルで、生体の音響特性に近いことから効率よく超音波の送受信が可能であり、単結晶プローブを超えた超広帯域特性が実現された。今回発表された4G CMUTリニアプローブは2MHzから22MHzまでの周波数をcoverしており、これまで、必要な周波数によりプローブを持ち替えていたものが、1本のプローブで全身を診ることが可能となる。以下、実際の表在および腹部での4G CMUT使用症例を提示する。

図4は、4G CMUTプローブで観察した尺骨動脈瘤の症例である。周波数22MHzに設定した。瘤状拡張内には解離性変化が存在し、偽腔内の一部には壁血栓の存在が観察される。高い空間分解能・コントラスト分解能を有し瘤内の詳細な情報が得られた。なお、これら壁血栓や解離性変化の所見は造影CTでは指摘できず、超音波で経過観察中である。

図5は、正常胆嚢を観察した症例。同じ断面で周波数を切り替えながら画像取得した。操作は容易で、最適な周波数の

図4 4G CMUT プローブ使用例(1) ～尺骨動脈瘤例～

(a) 血管短軸像 (b) 血管長軸像 (c) 造影CT (3D-CTA Volume rendering 再構成)
 CMUTプローブを用いた画像は、B modeのみならず、CFMにおいても高精細な画像が取得可能である。

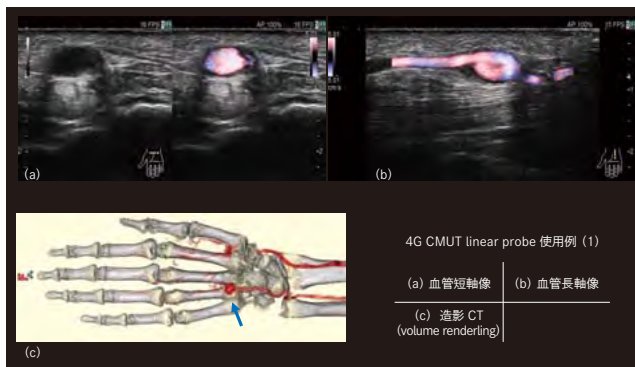
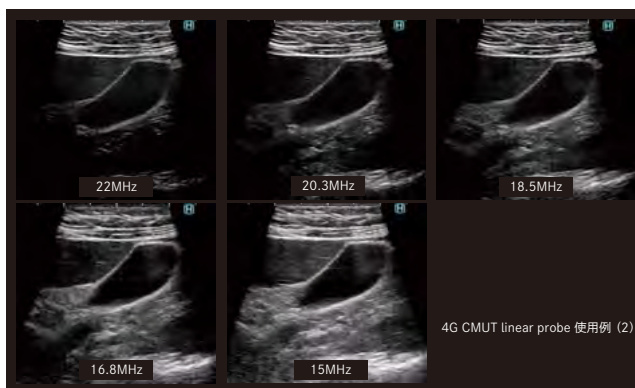


図5 4G CMUT プローブ使用例(2) ～正常胆嚢例～

周波数切り替えが容易で、最適な周波数の設定を検査中に迅速に探りながら画像取得できる。また高周波にもかかわらず、深部感度も良好であった。



設定を検査中に迅速に探りながら画像取得できる。当然、周波数に依存して分解能、ペネトレーションは異なるが、本プローブは、分解能に重きを置いた高い周波数、特に16.8MHz、15MHzでは7～8cmまでの深部感度が保たれている。EUS (Endoscopic Ultrasound) よりも高い周波数でも、遜色なく客観的かつ詳細な画像を提供できる可能性を見出せたことは新たな発見であり、今後の実症例での報告を待ちたい。

観察する領域の違いや、同じ領域でも病変拾い上げから精査に至るまで、その状況に応じた周波数設定が、たった1本のプローブで実現でき、診療科の垣根を越えた活用や、検査効率の向上、また医療経済上の利点があるプローブと考えられた。現在、CMUTはリニアプローブに限られているため、腹部への応用を鑑み、コンベックスプローブへの展開に期待したい。

Real-time Virtual Sonography (RVS)

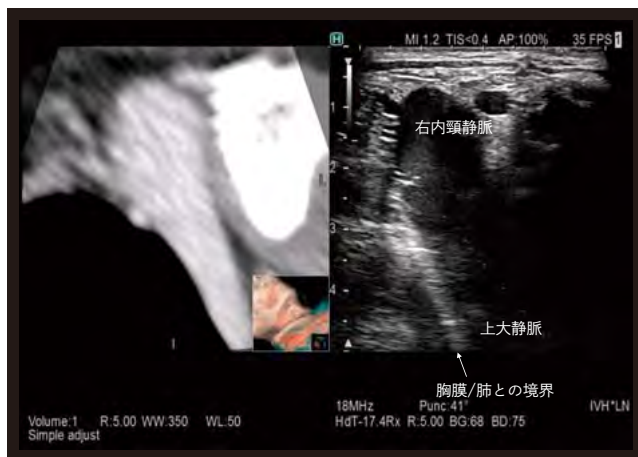
CT、MRI画像とのFusion技術は、今でこそ当たり前のように各社ハイエンド機種に搭載されているが、その先駆けは2003年にリリースされた日立製作所のReal-time Virtual Sonography^{*2} (RVS)であり、長年の研究・開発と蓄積された臨床実績がある³⁾。

穿刺関連の手技時に多く活用され、特にRFA (Radiofrequency Ablation)での用途は幅広い。穿刺標的の確認やニードルトラッキングにとどまらず、最近では、複数本穿刺も含めた焼灼範囲のシミュレーション、治療後のマージン評価などが可能となっている。特に3cm前後のHCC腫瘍や、広範な焼灼を要する転移結節では、RFA治療マージン確保に複数穿刺が必要であり、その焼灼範囲の予想は、治療のエンドポイント決定にとっても重要である。

また、RVSによるfusion画像は、解剖学的知識を深めるなどの教育的ツールとしても有用である。図6は、CV (Central Venous) 挿入時における安全な穿刺ラインをCT画像とfusionさせ検討したものである。穿刺時の針の視認が常時できるよ

図6 RVSを用いたCV穿刺ライン設定

CT fusionで解剖学的位置関係の把握が容易となり教育面での有用も示される。



う、フリーハンドではなくニードルガイドアタッチメントの使用が望まれるほか、右内頸静脈穿刺の場合、深刺しても針先は上大静脈にくるよう、肺のアウトラインを意識すること、内頸静脈から上大静脈まで一直線となる描出方法が重要であることなど、CT画像と対比させながら研修医や医学生への教育に有用であった。今後も穿刺治療に関連した画期的なアプリケーションの登場に期待したい。

IVRに必要な超音波装置・超音波画像

IVR (Interventional Radiology) を専門とするわれわれは、RFA、経皮的生検、経皮的ドレナージ、CV関連など全身的な各種穿刺治療に超音波を頻用する。その際に超音波に求める必要不可欠なことは、一にも二にもマイクロコンベックスの画質と負担の少ない形状・重量である。診断用コンベックスプローブ同様にしくはそれ以上の空間分解能とコントラスト分解能があり、かつ深部病変への安全な穿刺として10cm～15cmを超える深部感度、さらには周囲臓器を確認できる広角を望む。また、穿刺針先の視認も重要である。CV穿刺など、より安全な穿刺が求められる昨今、さらなる細径針での穿刺が必要とされ、視認性の確保が今以上に求められる状況になるであろう。

穿刺にはプローブの形状も重要である。コンパクトで穿刺自由度があること、さらに、盲点回避と安定性を求めるために生体との密着性が高いプローブが望まれる。被検者への物理的な負担も軽減されプローブ圧迫部の疼痛軽減に寄与する可能性がある。

安全かつ的確な穿刺が可能となる画質や穿刺補助に有用なアプリケーションならびにニードルトラッキング技術は、IVR医にとって必須であり、ARIETTA 850はこれらの機能を包括している。放射線科IVRは全身的な穿刺治療に関わるため、“肝穿刺治療に特化しない機器開発”に期待したい。

おわりに

超音波検査の高い空間分解能と時間分解能はいうまでもないが、客観的表現が秀逸なモダリティであるCTも、近年は空間分解能0.15mmを実現した超高精細CTの登場やArea Detector CTによる4D-CTの普及など、超音波に優位性があったはずの空間分解能・時間分解能の向上が目覚ましい。一方で超音波はどうか。開発メーカーによる技術革新が目覚ましい中、実臨床面での客観的表現の難しさや術者依存性といった弱点をいかに改善させ、信頼性のある画像を提供していくかわれわれは再考する必要がある。

今回、最新機種ARIETTA 850を経験させていただき、画質向上・機器発展の確認のみならず、臨床側と開発側が歩調を合わせつつ超音波検査の在り方・方向性を考える機会をいただいたことに感謝したい。

※1 ARIETTA

※2 Real-time Virtual Sonographyは、株式会社 日立製作所の登録商標です。

参考文献

1) 久津 将則 : 超音波診断装置『ARIETTA 850』の新しいビームフォーミング技術“eFocusing”と Breast Imagingでの画質改善. 映像情報 Medical 49巻 12号: 63-68, 2017

2) 大竹剛, ほか : 4G CMUT (CMUT リニア SML44 プローブ) の開発. MEDIX, 67 :31-34, 2017

3) Iwasaki T, et al: Real-time virtual sonography: a novel navigation tool in percutaneous radiofrequency ablation of hepatocellular carcinomas; in Radiological Society of North America: Radiological Society of North America Scientific Assembly and Annual Meeting Program. Oak Brook, Radiological Society of North America, 2004.