

# 超音波診断のNew Technology SMIとSWE propagationの 必要性和臨床的有用性

●座長 川崎医科大学 検査診断学  
内視鏡超音波部門 教授

島 二郎 先生



日本大学病院 消化器内科 科長 超音波室 室長  
小川眞広 先生



超音波における新しい技術は、肝疾患の診断にも大きな変化をもたらしている。SMI、SWE propagationなどの改良によって、より詳細に描出することも可能になった。これらの新技術は、Bモードとの併用によってより効果を発揮するものである。今回はその必要性和臨床的有用性について、小川眞広氏が使用経験をふまえ講演を行った。

## SWEの改良のポイント (図1~3)

エラストグラフィは組織の硬さを画像化する技術で、一定の力を加えたときの歪みの大きさをみるStrain Elastographyと、剪断波(Shear Wave)が伝播する速度をみるSWE(Shear Wave Elastography)がある。

Strain Elastographyはリアルタイム性がよく、汎用装置にも搭載されている技術である。例えば、肝細胞癌の場合、硬い部分ほど青く描出される。しかし注意が必要なのは、関心領域(ROI)内の相対的変化を表示している。そのため、他の疾患と比較ができない点がある。

一方、SWEは、定量的評価法であり、症例間の比較や経時的変化の比較が可能という長所がある。しかし、装置が高価であり、深部病変の評価が困難な場合があるという短所もある。今回、SWEが改良されたので、そのポイントを紹介する。

まず、深部方向への検出範囲が改良された。次にROIを拡げた場合の均一性の改善。次に、サンプリングによる誤差をいろいろな表示方法で表現することが可能になり、正確にサンプリングできるようになったことである。さらに、新しい手法として3Dソフトを使って、ボリュームの解析ができるようになったこともつけ加えておく。

SWEの表示方法には、これまで、剪断波伝播速度表示(Speed)、伝播表示(Propagation)、弾性率表示(Elasticity)の3つの表示方法があった。これに今回分散表示(Variance)が追加されたことで、どのようにROI内が不規則に構成されているかを視覚的に表す手法が増えた(図1)。これまでSWEの信頼性を確認するには、伝播表示による等高線間隔を確認して行われてきた。分散表示はその乱れを色分けして表示できるようになり、アーチファクトがすぐに分かるので、ROI内の測定部位が正確に把握できるようになった。

また、Propagationの間隔が調節可能となったのも重要である。これまで肝細胞癌症例などで、2~3cmの腫瘍の場合、2、3本しか等高線表示ができなかったが(図2a)、細かく調節できるようになり、癌の部分の伝播速度が速いということが一目でわかり、正確なROI設定が可能となった(図2b)。

新たなイノベーションとして、プローブをマニュアル走査で収集した画像から、ボリュームデータを保存し、Smart3Dにより3次元的なデータ解析を後からできるようになったのもブレイクスルーだと考えている。

## 微細血流を ライトアップするSMI (図4~11)

SMI(Superb Micro-vascular Imaging)は、微細な低流速の血流評価を可能にする手法である。流速的にはモーションアーチファクトと重なっているような超低流速の血流を、モーションアーチファクトの特徴を解析して分離することで、その陰に隠れた血流の表示を可能にした。非造影でも、かなり細かな血流が描出できるようになったことは、臨床的に非常に有用といえる。

SMIは、びまん性肝疾患の検出でも有用である。深部の全血管を観察することは難しいが、観察部位を肝表面に着目し、高周波リニアプローブを使用することで、門脈および併走した動脈も描出できるようになり、さらに加算画像を用いることによりびまん性肝疾患

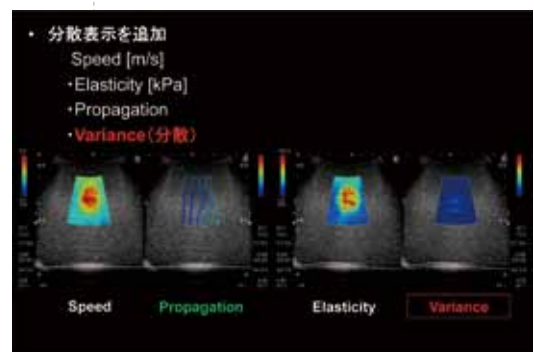


図1 診断の信頼性を高めるマッピング表示  
改良SWEでは、分散表示が追加された。

## KEY SENTENCE

- SWEは定量的評価法のエラストグラフィで、症例間や経時的変化の比較が可能である。深部方向への解析が改善された。
- SMIは微細な低流速の血流評価を可能にする手法である。非造影でも細かな血流が描出できるようになり、臨床的に非常に有用である。
- Bモードの画質向上では、Precision 5が加わり、境界や構造物の視認性が高まり、ノイズが低減された。
- 時間分解能の高い超音波検査は肝疾患の治療法の選択に直結する診断も可能であり非常に有用である。

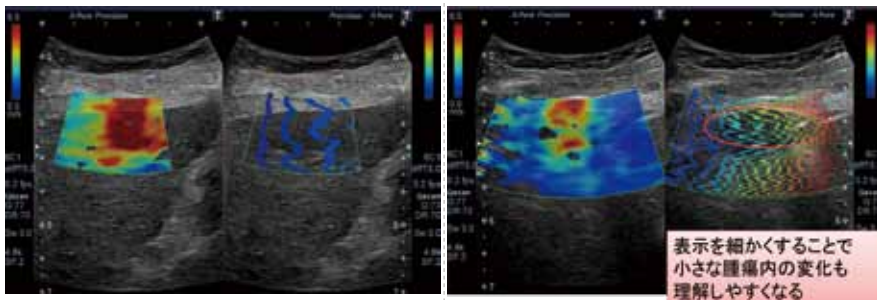


図2 肝細胞癌におけるpropagationの間隔表示  
硬い腫瘍の場合、propagationの間隔が広い場合があったが (a)、細かく調節できるようになり、小さな腫瘍内変化が理解しやすくなった (b)。

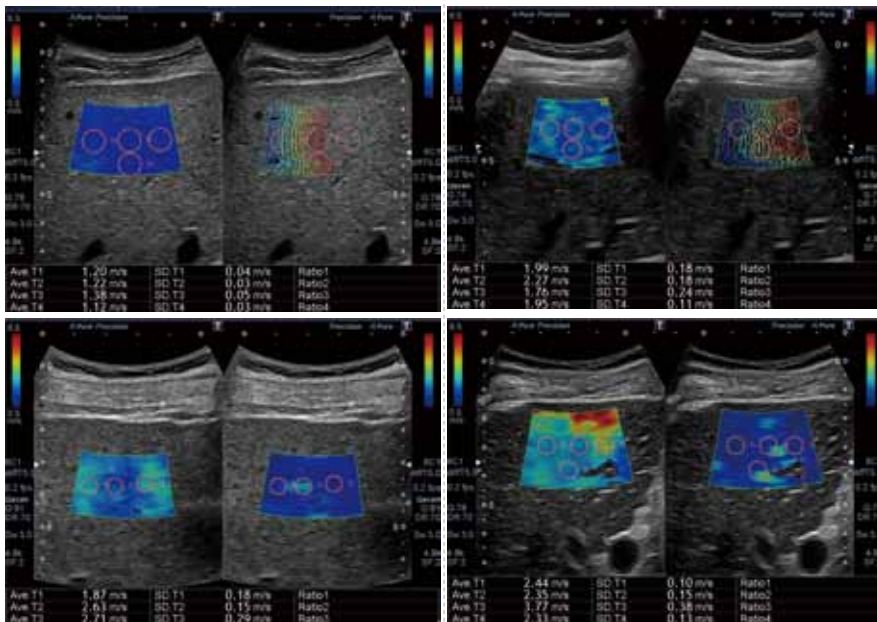


図3 各症例のSWE画像  
a 脂肪肝 b 慢性B型肝炎 c アルコール性肝障害 d O型肝硬変症  
従来の伝播表示に加え、新しい分散表示も可能になり、より正確な計測が可能となった。

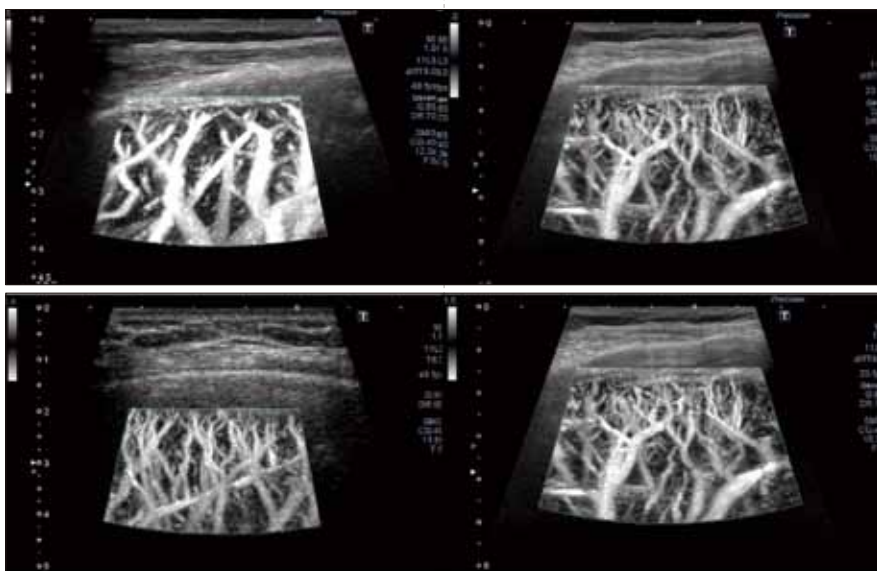


図4 高周波リニアプローブを用いたSMIによるびまん性肝疾患の血管構築  
a 健常者と肝硬変の比較。右のC型肝硬変症では血管の屈曲・蛇行が多い。動脈血が増生。血管数の増加・血流シグナルの増強が認められる。  
b 原因による肝硬変血管構築の比較。左がB型肝硬変で右がC型肝硬変症。

においても、血管構築の差が明瞭になる (図4)。

SMIは、造影剤を使用しなくても、微細で低流速の血流を描出できる新しい技術であり、モノクロまたはカラー表示で肝臓領域などの病変を顕在化する。腫瘍類似性病変である限局性結節性過形成 (FNH) の評価にも有効である。腫瘍性病変であって腫瘍ではないので、正確に診断することが重要となる。FNHにはcentral scarという中心癒痕があり、中心から放射状に動脈が走行する。このcentral scarは、Bモードでは非常に確認が難しく、所見として分かりにくい。腫瘍全体としても肝細胞癌と違って被膜がないので、境界がはっきりしない場合が多い。そのため怪しいと思われるときは、カラードプラーで血管構築を出すのが重要である。特にSpoke-wheel patternと呼ばれる中心から放射状に血管描出がポイントである。血管造影を行っても2Dではわかりにくいことも多く、肝細胞癌と間違えやすい。超音波が診断の根拠になることがあるので、しっかりと所見をとらえるということが大事である (図5)。

Color-coded SMI (cSMI) を用いることでBモード上のどこの血管が走行しているかの把握が可能となり、またSMIをBモードと並列表示することで、最適断面を設定できるようになるため有用な手法である (図6)。

SMIで造影剤を用いる場合、BモードでMI値を下げることで使用可能となる。従来の造影のPerfusionイメージを残し、SMIで常に血管構築が出る (図8)。従来の手法では心臓のアーチファクトの影響を受け評価不能の領域も、きれいに血管構築が描出されている。このような方法で、確定診断が得られれば、これ以降の精査が不要となる。医療経済的にも、良性疾患を正しく診断するということは大切といえる。

SMIに造影剤をプラスする方法は、従来の造影のイメージを残したままSMIで常に血管構築が評価可能であるため、肝細胞癌をはじめとする肝腫瘍性病変の診断には極めて有用な手法となる。

今回、SMIでもSmart3Dが使えるようになった (図10)。3Dモードを実際に使うかどうかは別としても、ボリュームを意識した造影、肝腫瘍に対する検査ができるようになったことは、さらに一歩前進と考えられる。

**Bモードの画質向上  
—Precision 5**

今回、Bモードの画質も向上した。Precision 5というモードが新たに加わり、腫瘍輪郭や構造物の視認性が高まり、ノイズを処理して均質に見えるようになった。検診で最も怖いのが、がんの見逃し、腫瘍性病変の見逃しであるが、今回コントラスト分解能が上昇したことにより、明らかに、肝臓の中の腫瘍性病変に気づきやす



図5 SMIによる限局性結節性過形成 (FNH) の評価  
中心から放射状に動脈が走行するのがFNHの特徴である。Bモードでは大変見づらいため重要な所見となる。



図6 肝細胞癌の評価  
感度が非常に上がっている。cSMIではスケルトンでBモードと併せて評価可能で、Bモード画像のどの部分に血管があるかが理解しやすい。



図7 肝左葉の限局性結節性過形成 (FNH)  
ADF (Advanced Dynamic Flow) では心臓のアーチファクトにより評価ができない。SMIではアーチファクトを軽減して、腫瘍内の血管を確実に描出できる。



図8 肝左葉の限局性結節性過形成 (FNH)  
SMIで造影剤を用いた場合、左にBモードでの従来のPerfusionイメージを残したまま、右SMIで常に血管構築の評価が可能となる。



図9 Bモード造影とSMIの併用例。  
肝細胞癌の症例 (40mm、多数結節)。mSMIとcSMIで評価するポイントを決めて造影を行う (a)。BモードでMI値を下げて造影を開始することで腫瘍濃染パターンを把握するのみになく、SMIで常に血管構築を評価可能であり、肝動脈塞栓療法を行う際の術前検査としても、非常に有用である (b)。



a | b

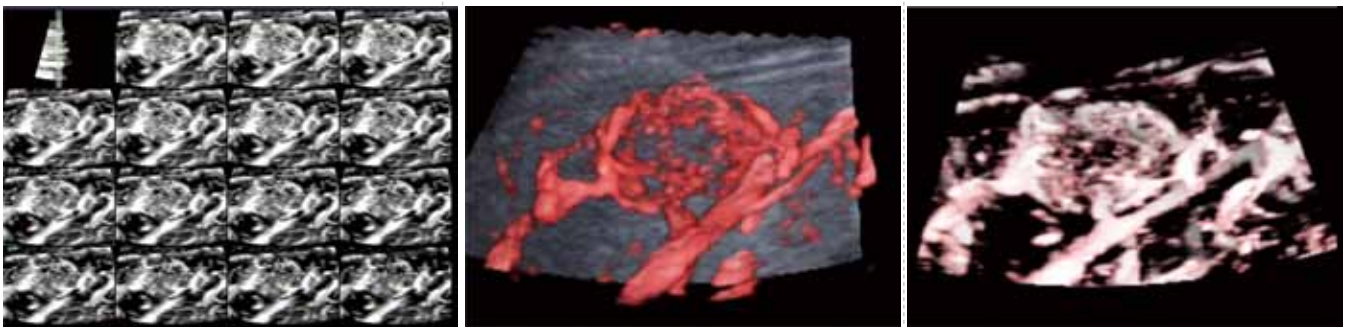


図10 肝細胞癌の造影SMIとSmart3Dの応用例  
ゆっくり均一なスピードで腫瘍の端から端まで一方向にsweep scanを行い、その画像を用いて3D画像を作成する。角度を変更した動画表現が可能となる。3Dプローブを使わなくても、ポリウムを意識した造影、肝腫瘍に対する検査ができるようになり非常に有用である。



くなったといえる。従来のPrecisionでは、評価に苦慮していた腫瘍や腫瘍の輪郭の表現がわかりやすくなった、浅部および深部方向の存在診断の補強になる。さらにこれを造影超音波に使うと肝疾患では非常に強い味方になるということがわかった。注意してほしいのはソフトによって見えないものが見えるようになったわけではないという点である。従来の手法でも評価をすれば、ちゃんと映っている。しかし従来法と比較して見えやすくなったことは間違いない。

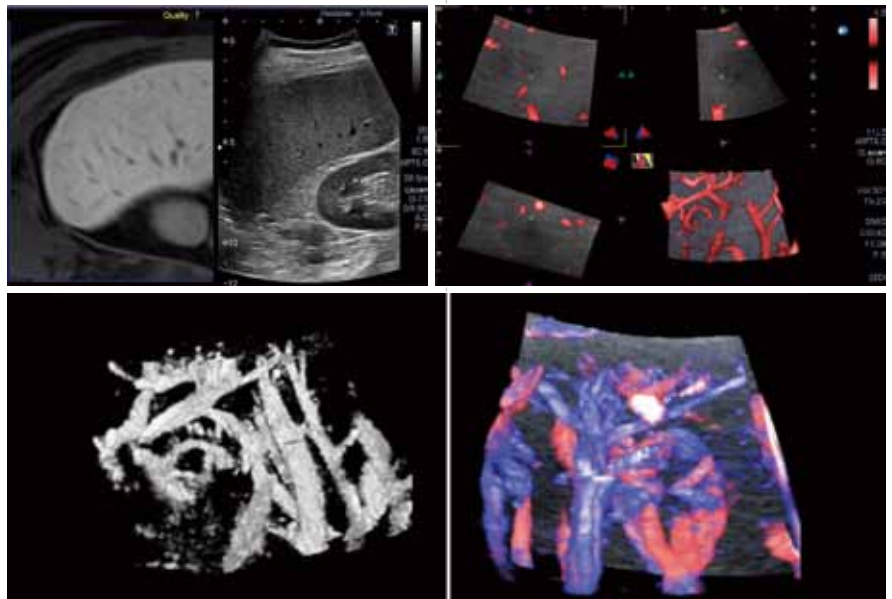
**図12**は慢性B型肝炎、肝癌切除後の症例である。Differential THIのみの場合でも、びまん性肝疾患であることが分かる (**図12a**)。Precision 8になると、さらに肝内の結節性病変の視認性が上がる (**図12b**)。さらに斑状の大きな高エコー結節を狙って高周波プローブで観察する場合もあるが深部の評価は困難である。Precision 5は通常のコンベックスプローブで、**図12c**のように大小の結節がいくつも見えるので、最も注意すべき結節を中心に造影超音波が施行可能となる。高エコーの結節に比べ、低エコー結節のほうが見やすい印象である。HCCを疑うべき結節が指摘しやすくなったと考えられる。通常著者は、視野深度を14cmで観察している。画像ソフトの改良により浅部から深部までより均一かつ明確に占拠性病変を描出することができるため、スクリーニング、特に腫瘍性病変の指摘には有用である。

**図13**の症例は肝細胞癌の術後、ラジオ波熱凝固療法後の異所性再発に対し肝動脈塞栓療法を施行した症例である。治療後の治療効果判定により局所再発ならば局所療法、周辺の複数結節の再発ならば追加TACEと、診断によって治療法が左右された症例であり、時間・

空間分解能が高い超音波検査が非常に重要となった症例である。Bモードの改良はsonazoidを用いた造影超音波検査に直結するため、この症例ではBモードのコントラスト分解能が高いモードを採用している (**図14**)。Precision 5を用い、MI値を下げて造影を施行すると、再発が単発ではないことが明確となった。Precision 5は非常に細やかな血管が見えるだけではなく、コントラスト分解能が高く1cmに満たないような腫瘍濃染も明瞭に確認できた。的確に腫瘍が見えないままアブレーションを行えば、マージンを十分に取れなくなる可能性も高い。Precision 5を用いた超音波検査は治療に直結した手法であるといえ

る。また、肝動脈塞栓療法の治療の際など、病変部を超音波検査で確認することで薬の過剰投与などを防ぎながら、確実に治療を進めていくことも可能となる。このように、超音波検査が治療法を決定することがあるため、局所的を絞ってしっかりと時間分解能を上げた手法で観察することをお勧めする。

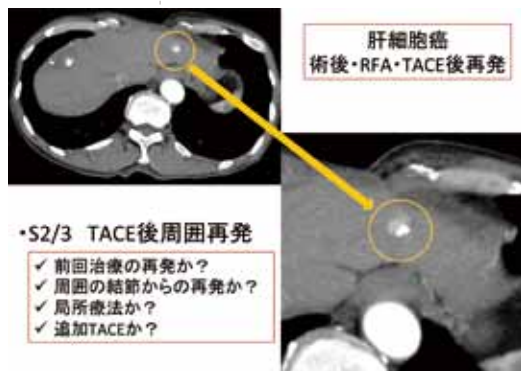
以上のように、肝疾患の検査において、SWE、SMIの改良により、解析がしやすくなり、硬さと微細血流が更に詳細に評価できるようになった。またPrecision 5によってBモードも改善され、占拠性病変への有用性が高まった。今後もこれらのソフトの改良と操作性の向上により検査法の普及が期待される。



**図11** 限局性結節性過形成 (FNH) 診断におけるSmart 3Dの応用  
他の画像では見えづらい角度からも腫瘍をFusion画像で見ることが可能 (a)。SMIでは一方のsweep画像を取得することでvolume dataとして認識できるため3Dの構築が容易に可能となる (b、c)。



**図12** 慢性B型肝炎のBモード像  
肝癌切除後症例。  
a Diff THIのみ  
b Precision 8  
c Precision 5



**図13** 肝細胞癌術後再発症例 (治療効果判定の造影CT像)



**図14** Precision 5を用いた造影超音波検査 (**図13**と同症例)