

1. 画質を極める

3) 超音波による肝硬変症の 非侵襲的診断法 —— 生体の散乱体密度を指標とした 線維組織検出法の開発と臨床応用

山口 匡 千葉大学フロンティアメディカル工学研究開発センター

超音波断層画像の大きな特徴の1つに、スペックルノイズの存在がある。スペックルとは、生体中に密に存在する多数の微小散乱体からの微弱な反射信号の干渉結果であり、生体内に照射する音波（ビーム）の分解能に応じた広がりを持つノイズパターンである。正常な肝臓では組織構造が均質であることから、超音波断層画像中の肝臓領域はスペックルで占められることになるが、線維症の発症した肝臓では、組織の線維化により構造が不均質化し、超音波断層画像中ではスペックルが乱れ、異なる特徴的なパターンが現れる。また、超音波診断装置で取得される情報には、目視では判別できない組織からの微細な反射信号成分も含まれているため、スペックルの性質を定量的にとらえることができれば、これらの信号成分を高精度に検出し、病変進行を定量的に判定することが可能となる。

本稿では、線維化の生じた肝臓における構造的・音響的不均質性と、超音波断層画像との関係に着目して、統計解析を用いて微小な線維組織を検出し、二次元または三次元で可視化する手法を紹介する。

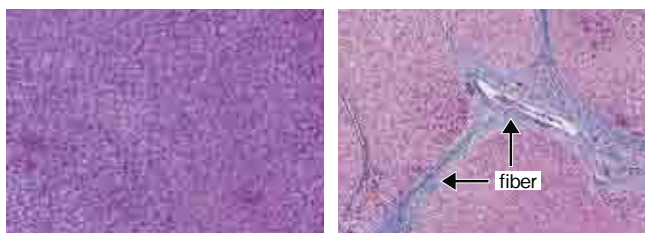
肝臓の線維化と 超音波診断

正常な肝臓は、肝小葉と呼ばれる直径1.0mm、高さ1.5mm程度の六角柱状の構造が連続的に配置されて形成されており、肝小葉の中心部には中心静脈が走り、その周囲に肝細胞が板状に連続して配列されている。肝小葉の大き

さや個々の小葉の形状、および小葉同士の接合は不規則であるが、図1 aの病理画像から見て取れるように、病理学的には均質な構造であると言える。ここでは、肝小葉同士の結合部や門脈、中心静脈などが主な散乱源となり、これらは、一般の超音波診断で試用される数MHz程度の周波数帯における波長および分解能に対して非常に小さく、肝臓中にランダムに配置されていることから、断層画像上にスペックルを発生させる。

一方で、肝炎や肝硬変などの線維症を患った肝臓では、病変によって破壊された肝細胞および肝小葉の構造を補うために、図1 bのように、門脈や小葉の周囲などに線維組織が形成され、病変の進行に伴って線維が増加する。重度の状態では、肝小葉構造が完全に破壊され、周囲の複数の小葉同士を取り囲むように、数mmの太さを有する線維組織が形成される。線維は、正常な肝臓に比して、密度が高く硬い組織であるため、強散乱源となり、線維化の程度や量に応じて肝臓からの超音波反射信号（エコー信号）に変化が生じ、超音波断層画像に高輝度な点状・線状パターンとして描画される。

これらのパターン変化を、医師が読影することで診断を行うが、一般的に超音波診断装置のモニタ上に提示される断層画像は、ビデオ信号として圧縮された結果であることと、ヒトの視覚的な認知能力の限界から、実際の送受信音波における分解能レベルでの目視診断は困難となってしまう。実際に、生体からの反射信号として受信されるエコー信号には、より多くの情報が含まれているため、近年の超音波診断装置に実装されている各種計測技術においては、断層画像化以前の信号を処理・解析することが多い。肝臓の線維化を判定する手法として、生体内部に対し機械的または音響的に圧力を加えることで生体組織の局所的な歪みを計測するエラストグラフィ法では、線維の硬さを指標化することが試みられている。これに対し、本稿で紹介する手法では、組織の密度を指標に用いて、線維の組成および肝臓内での体積を数量化し、その構造を可視化することを試みている。



a: 正常な肝臓

b: 線維化の生じた肝臓

図1 ヒト肝臓の
病理画像