- $\diamond$  ORIGINAL ARTICLE  $\diamond$ -

# 脂肪肝実質に出現する "簾状エコー"の発生機序に関する考察

神山 直久1 住野 泰清2 丸山 靈一3 松清 靖2 和久井紀貴2 篠原 正夫2

#### 抄 録

目的:高度の脂肪肝や非アルコール性脂肪性肝炎の症例において、B-mode像に複数観察される、線状の低エコーアー チファクト,いわゆる「籐状エコー」について発生機序の解明を行うこと.対象と方法:はじめに、籐状エコーの 可能性がある音響陰影アーチファクト6種類を定義し、脂肪肝症例21例(うち高度脂肪肝9例)に対して記録さ れた B-mode 画像を元に、種類ごとの発生機序を特定する.また対象症例に対し病理診断にて脂肪割合と線維化ス コアを得る.さらに、グラファイトファントムの空隙に異なる音速の水溶液を注入し、異なる音速を持つ媒質の境 界で、屈折による音響陰影が発生することを検証する.結果と考察:籐状エコーは、肝臓内血管断面から発生して いる、という仮説が最も適合した.また籐状エコーに類似した陰影が肝外からも発生していることも判明したが、 最大輝度保持法を利用した B-mode 再構成により両者の判別が可能となった.ファントム実験では、音速値が2.6% 低い媒質間においても音響陰影の発生が観察され、これは高度脂肪肝における肝臓実質の音速低下のレベルに同程 度であることが考察できた、結論:高度脂肪肝により音速が低下した肝実質と血管内血液間の屈折現象が、籐状エ コー発生の一つの主要な原因であることが明らかとなった。

# Discussion of mechanism behind "bamboo blind" sign observed in fatty liver parenchyma

Naohisa KAMIYAMA, EJSUM<sup>1</sup>, Yasukiyo SUMINO, SJSUM<sup>2</sup>, Kenichi MARUYAMA, RMS<sup>3</sup>, Yasushi MATSUKIYO<sup>2</sup>, Noritaka WAKUI<sup>2</sup>, Masao SHINOHARA<sup>2</sup>

### Abstract

**Purpose**: To elucidate the mechanism behind the so-called "bamboo blind" sign frequently observed on B-mode images as multiple low-echoic lines in nonalcoholic steatohepatitis and highly fatty liver cases. **Subjects and Methods**: Six types of acoustic shadowing artifacts that might be the cause of the bamboo blind sign were defined. B-mode images were acquired for 21 fatty liver cases (inc. 9 highly fatty liver cases). The cases were then pathologically diagnosed. A phantom experiment was also performed to investigate whether the refraction occurs due to the gap of sound velocity between two different media. **Results and Discussion**: The mechanism of the bamboo blind sign corresponded well to the acoustic shadowing from small vessels in the liver. The phantom experiment validated the same phenomenon at a larger gap in sound velocity, which can be regarded as the same level as that in highly fatty liver cases. **Conclusion**: The refraction between blood vessels and highly fatty liver parenchyma with decreased sound velocity is the dominant reason for the bamboo blind sign.

Jpn J Med Ultrasonics 2016; 43 : 655-662

### Keywords

fatty liver, chronic liver disease, ultrasound tissue characterization, sound refraction

# 1. はじめに

脂肪肝は健康診断などで発見され、早期には食生 活の改善などで改善するが、肝障害を引き起こし肝 硬変に移行する危険性がある.このような、びまん 性肝疾患の診断およびフォローアップには、無侵襲 で頻回検査が可能な超音波診断法が適しており、既 に臨床で広く利用されている.超音波 B-mode 法に て映像化される脂肪肝の特徴としては、肝臓からの エコー信号が相対的に大きく肝臓全体が高輝度とな るため、"Bright liver"と称される診断所見の一つ となっている<sup>1-5)</sup>.これは、肝臓実質内に存在する 脂肪滴の散乱断面積が相対的に高いことに起因する. 理論的には、肝臓からのエコー信号の増加と脂肪滴 の増大には正の相関があるため、脂肪肝の重症度を 定性的に評価することが可能であるが、正確な定量 解析を行うためには、被験者依存、検査者依存を含 む種々の課題がある.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>GE ヘルスケア超音波製品開発部, <sup>2</sup>東邦大学医療センター大森病院消化器内科, <sup>3</sup>同臨床生理機能検査部

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Ultrasound Division, GE Healthcare, 4-7-127 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-8503, Japan, <sup>2</sup>Department of Gastroenterology and Hepatology, <sup>3</sup>Department of Clinical Functional Physiology, Toho University Omori Medical Center, 6-11-1 Omori, Ota, Tokyo 143-0015, Japan Received on March 25, 2016; Revision accepted on May 11, 2016 J-STAGE. Advanced published. date: August 8, 2016

Bright liver 以外にも,脂肪肝の超音波診断所見 となる種々の特徴的なパターンが知られている. 我々 は、その中で「簾(すだれ)状エコー」に注目して 研究を行っている、 簾状エコーは当初、 肝硬変で見 られる B-mode 所見である「櫛状エコー」<sup>6.7)</sup>の一種 として検討を進めてきたが、 高度の脂肪肝や非アル コール性脂肪性肝炎 (nonalcoholic steatohepatitis: 以下 NASH) 症例において観察されることが多く. 肝硬変に限定されない<sup>8.9)</sup>ため、別途、簾状エコー と呼称し検討を進めた. この簾状エコーは当然なが ら健常肝では全く現れないため、これを脂肪肝の診 断情報として利用できる可能性がある. そのために は簾状エコー発生のメカニズムの解明は重要と思わ れる. そこで、本論文で我々は以下の考察を行った. 第一に、B-mode 画像に現れる簾状の音響陰影アー チファクトを列挙し、発生機序違いで分類する、第 二に、これらのアーチファクトを臨床データにて観 測するとともに、各々の物理現象について理論考察 する. 第三に, 再現のため検証実験を生体疑似ファ ントムにて行う. 最終的に簾状エコーの物理的解明 のための考察を行う.

### 2. 定義と分類

まず「簾状エコー」の定義を論じる. 視覚的特徴 としては,(a)超音波走査線に沿って低エコーを呈 する線形状(以下, 簾ラインと呼ぶ)が1断面に数 多く現れ, 簾を連想するパターンとして観察される, (b) 簾ラインの間隔は不規則であり,それらの起点 は肝表面か肝実質部のいずれかよりランダムに発生 する(ように見える),(c)出現した場合,肝臓の ほぼあらゆる断層面で確認できるため,3次元的走 査を行うと簾状エコーのパターンがランダムに変化



Fig.1 簾状エコーの画像例. 複数の細い音響陰影が肝表 面および肝実質から発生しているように見える する、などが挙げられる(Fig. 1). また医学的特徴 としては、(a)高度脂肪肝の多く(NASHも含む) で観察される、中程度の脂肪肝でも稀に観察される. (b)健常肝、および脂肪化を伴わない肝硬変では全 く確認されない、などが挙げられる.

次に、「簾状エコーになり得る」アーチファクト(仮 説)を列挙する.これらは基本的には生体中の場所 とその物理現象との組み合わせによって多種となる. なおこの仮説には、後述するように籐状エコーでは ないものも含まれている.

[仮説 1] 肝臓外から発生する音響陰影である:振動子と肝表の間に存在する皮下脂肪,筋肉あるいは腹膜の,構造的不均一性から音響陰影が生じる可能性があり<sup>10</sup>,経験上もこれが原因と推測される画像が観察される.

[仮説 2] 肝臓内の血管壁から発生する音響陰影で ある:血管壁は、特に垂直に超音波が入射すると強 反射となり、後方に音響陰影が見られる.これも臨 床上頻繁に経験する現象である.

[仮説 3] 肝臓の血管内で音波の屈折により発生す る音響陰影である:肝実質と血管内血液の音速差が 大きければ音波は屈折し,死角領域は音響陰影とな る. この現象は, Cyst と周囲組織間の音速差によっ て発生する lateral shadow<sup>11)</sup>と同じ原理である.

[仮説 4] 肝表面の凹凸から発生する音響陰影である:肝線維化の進行に伴う再生結節の生成は,肝表面の凹凸形状にも影響を及ぼすことが知られるが, この凹凸により音波の入射強度に不均一性が生じ音響陰影となる<sup>6.7</sup>.

[仮説 5] 肝実質部の(血管以外の)構造から発生 する音響陰影である:臨床上の経験からこの仮説が 挙げられる.ここでの構造とは,線維化.再生結節, あるいは局在化した脂肪滴など,健常肝では存在し ないものであることが条件となる.

[仮説 6] 診断装置の機械的なノイズである:装置 の送受信(故障も含む)に起因する縞状のノイズは、 しばしば経験するものであり、原因も様々であるが 仮説の一つとしては排除できないものである。

#### 3. 方法と対象

前述した仮説を肯定もしくは否定するために必要 な手法,および対象について,各々説明する.なお この研究は,東邦大学医療センター大森病院倫理委 員会の審査承認を受けている(審査番号 26-241).

Jpn J Med Ultrasonics Vol. 43 No. 5 (2016)



Fig. 2 超音波画像と病理像を対比させた例、脂肪沈着の割合. a 0%(慢性肝炎), b 20~30%, c 40~50%, d 70%

[仮説 1] 簾状エコーを観察した症例に対して、プ ローブを保持して断層像を固定した状態で被検者に 呼吸を指示し、プローブと肝臓間の組織は不動のま ま肝臓のみを滑動させる.これを動画像で記録し、 最大輝度保持(maximum intensity projection:以下 MIP)法(超音波診断装置に具備されている)で再 構成する.これにより、肝臓外から発生する音響陰 影のみを残存させることができる.

[仮説 2, 3, 4, 5] 簾状エコーを観察した症例に 対して、三次元的に走査した動画像を記録し、断面 内のみならず三次元的な連続性なども観察する.ま た送信フォーカス位置を変化させて、簾状エコーの 変化を観察する.必要に応じてコマ送り、ズーム機 能を利用する.これら4つの仮説については、現時 点では詳細観察による検証しか手段はないが、簾ラ インの起点を特定することで解明の一つの手がかり になると考える.

[仮説 6] 簾状エコーと誤認するかもしれない機械 的アーチファクトを実際に作成して,実際の簾状エ コーとの違いを確認する.(i)走査線密度が極端に 疎らな場合,(ii)送信口径が極端に狭い場合.

対象は、東邦大学医療センター大森病院で2014年 6月から2016年1月までの間に肝生検と腹部超音 波検査を行った脂肪肝21例(うち高度脂肪肝9例) およびC型肝炎4例,B型肝炎3例,アルコール 性肝障害3例,日本住血吸虫症1例,内訳は、年齢 が28歳~83歳(平均50.8歳)で、男性19例、女 性 13 例であった. 超音波装置は LOGIQ E9 (GE Healthcare, Hino, Japan), プローブは C1-6-D (3.5 MHz コンベックス型), B-mode 像は Tissue harmonic imaging を使用し. 肝臓を右肋骨弓下および右肋間 走査から描出し, 動画および静止画を raw data に て記録した. 超音波検査は同一条件となるよう超音 波経験 24 年目の検査者一人によって行った. 走査 時の注意点としては, 肝表面を圧迫することなくか つ, 皮下脂肪が比較的少なく良好な条件の画像が得 やすい, 右肋間走査による S5の観察を主体とし. 参考として同じ S5 部位を右肋骨弓下から走査した. 超音波検査終了後, 肝組織生検針 16 G (Core II semiautomatic biopsy instrument; InterV Clinical Products, Dartmouth, MA, USA) を用いて肝生検を 行い, 組織学的に脂肪沈着の割合(%)を評価した.

### 4. 結 果

前述の定義に即した簾状エコーは11 例(34%) で観察された.うち全てが,肝生検組織標本におけ る脂肪滴面積率70%以上であった.また簾状エコー 出現症例のうち1例は非アルコール性脂肪肝 (nonalcoholic fatty liver:以下 NAFL),10例は NASH 疑診,肝硬変は0例であった.Fig.2には代 表的な脂肪滴面積率の病理像と,対応する超音波画 像の例を示した.

仮説1の検討:ライン状に観察された音響陰影の 多くは、肝の呼吸移動動画から再構成された MIP



Fig.3 呼吸移動MIP像による再構成画像の例



Fig.4 高輝度点を伴う音響陰影の画像例(血管壁の場合)





画像に残存した(Fig.3). この音響陰影は肝臓の動 きに無関係に存在するため, 肝臓外から由来するも のであることが示された. これらは, 送信フォーカ スを浅部に移動する(送信駆動開口が小さくなる) と強調される傾向があり, 腹膜・腹筋層の不均一構 造から発生したものと結論付けてよい. この音響陰 影は肝疾患とは無関係であり, 脂肪沈着0%の症例 を含む15例(47%)において観察された. したがっ て仮説1の現象は「籬状エコー」の定義には含まれ ないものであることがわかる.

仮説2の検討:ライン状の音響陰影の数例に対し て、起点に高輝度な点状エコーが確認できるケース があったが、それらは全て血管壁や石灰化といった エコー源の特定が容易なものであった(Fig.4).し かしながら、音響陰影の起点に点状エコーが確認で きないケースの方が圧倒的に多く、この仮説では簾 状エコーの機序は説明できない、また高散乱体によ る後方陰影は、原理的には脂肪肝の有無に関わらず 発生するため、この仮説も「簾状エコー」から除外 してよいことがわかる.

仮説3の検討:仮説1,2で説明が付かなかった ライン状音響陰影について、起点の位置を三次元的 に追跡観察したところ、ほぼ全例、血管に連続して いることが知られた. 逆に言えば、明らかな血管構 造が確認できる画像(音響陰影も視認できる)から、 血管を分枝方向へたどっていくと、やがて血管断面 は細径のため B-mode では視認できなくなるが、音 響陰影だけは残存して見える、という現象につながっ た. Fig. 5に1例を示す. Fig. 5aでは血管断面は 視認できず音響陰影だけが観察されている. この陰 影を断続させることなく断面を変えていくと、 Fig.5cのごとく血管断面が輝点として視認できる 程度の太さにたどり着いた. この現象は、前述のよ うに肝実質と血管内血液の音速差に由来した屈折現 象の結果であると推論でき、脂肪肝の音速は健常肝 に比べて低下すると考えられることから、脂肪肝症 例にのみ観測されるという事実にも整合し、これが 「簾状エコー」の一つであることが示唆された、こ

**Fig.6** 送信フォーカスを変化さ せた時の簾状エコーの変化. a F =6 cm, b F = 3 cm



の確証を得るための検証実験(水槽実験)を行った (次章参照).

仮説4の検討:肝表面の凹凸から発生しているよ うに見えた音響陰影は、仮説1の検証法で MIP 像 を再構成したところ、ほぼ全例仮説1に含まれた、 1例のみ本仮説を否定できない症例があった.また 以下の可能性も考慮した、すなわち、肝実質内から 発生しているように見える簾状の音響陰影も,正確 には肝表面から発生しており、途中経路が視認しに くくなっているということである、しかし、例えば Fig.6で示すように、起点が6cm付近に存在する と思われる音響陰影は、送信焦点を3 cm 付近に変 更した場合でも起点位置は変化せず、焦点6cmの 場合がより鮮明に映像化されていることから、この 音響陰影の起点は6 cm 付近にあると考えるのが妥 当であり、肝表面からの発生によるものであること は否定される.本仮説を否定できなかった1症例の 病理による脂肪沈着割合は60~70%、診断は NASH 疑診であった.

仮説5の検討:仮説1~4および6では説明でき ない現象について消去法的に分類されることを予想 したが、櫛様陰影のほとんどが上述の仮説で証明で きた.これによって線維化、再生結節、あるいは局 在化した脂肪滴などから籬状エコーが発生する可能 性が否定されるわけではないが、観測頻度を考慮す れば、簾状エコーはほとんどが仮説3に起因すると 言える.

仮説6の検討:本仮説のアーチファクトは、肝疾 患の有無を問わず発生するものであるから、この時 点で簾状エコーの可能性は否定されるのであるが、 敢えて疑似的櫛様陰影を発生させてその違いを検証 する、まず簾状に似たアーチファクトが発生する可 能性として、走査線密度が極端に疎な場合が考えら れるが、我々の試行として、水平方向の空間分解能



**Fig.7** F-number = 30 時に出現する縞状ノイズの画像例 (呼吸移動 MIP 法による再構成画像)

が(診断不能な程度まで)著しく劣化する程度まで 粗くした走査線密度条件で肝臓を観察しても縞状パ タンは出現しなかった.次に送信口径の走査線ごと の感度差による原因を検討したが,送信焦点を再浅 部に変更した場合でも縞状パタンは出現しなかった. 参考までに,送信パラメータを F-number = 30(送 信焦点4 cm)まで送信口径を小さくしたところ, Fig.7のように感度差による等間隔の縞状ノイズが 視認された.このような極小送信口径は実際の診断 装置条件では存在しない上に,画像から判断して, たとえ出現しても機械的な等間隔さは明瞭であり, 籐状エコーと誤認する可能性も低いことが示された.

#### 5. 検証実験(水槽実験)

仮説3の正当性を検証するため、以下のような水 槽実験を行った。

### 5.1 方法

実験概略図を Fig. 8 に示す. 寒天にグラファイ トを混合して作成したファントム(減衰率 0.5 dB/ MHz/cm. 音速 1,510 m/s) に, 直径 1 mm の金属 製ワイヤを垂直に挿入し貫通させ, 管状空洞を設け る. その中に異なる濃度の食塩水を 2 ml 注射器に



Fig.8 ファントム実験セットアップの概略図

て注入し、食塩水とファントムの音速の違いによっ て発生する音響陰影の様子を管状空洞の垂直方向か ら観測する.撮像には超音波診断装置(LOGIQ E9)および3.5 MHz コンベックスプローブ(C1-6-D)を用い、空洞の断面の B-mode 像をデジタル 記録する.室温および水温は25℃、食塩水の濃度 は27.0%(飽和状態),13.5%,9.0%および0%(水) の4種類を使用した.

これらの水溶液の音速は以下のようにして測定し た. 深度約8 cm のポリプロピレン製容器の底に寒 天グラファイトファントムを設置し,所望の濃度の 水溶液で満たす.上部から超音波診断装置(LOGIQ E9),15 MHz プローブ(ML 6-15,リニア型)にて 走査する(Fig.9).音速調整機能(10 m/s ステップ) を利用してファントムの空間分解能が最大となる値 を,水溶液の音速値とした.これにより上記水溶液 の音速はそれぞれ1,680,1,560,1,550,1,510 m/s であった.なお,脂肪肝に伴い音速が変化するのは 肝実質部であるが,本実験では血管内血液に相当す る食塩水の音速を大きくすることで,肝実質に相当 するファントム部の音速が相対的に小さくなること を意図している.

#### 5.2 結果

結果を Fig. 10 に示す.空洞内が水の場合は、陰 影はもとより穿孔の位置も確認できない(Fig. 10 a). 飽和濃度食塩水では明らかな音響陰影が確認できた (Fig. 10 b).穿孔の位置は依然不明瞭であり、高散 乱体による音波の減衰も否定される.音速値の違い による屈折の影響と考えると理論と整合する.食塩 水濃度を下げた結果(Fig. 10 c).(Fig. 10 d)では 陰影が徐々に減弱しているのが見て取れる.水溶液 にバブルが混入する場合もあったが放置しておくと 自然に消失し、これを確認後に撮像している.なお 出現したバブルは多量の場合以外は陰影に影響しな かった.また、水溶液注入の繰り返しによるファン トム劣化も考慮して、濃度の変更を繰り返し行った



Fig.9 水溶液の音速計測時の画像例

ところ, 濃度0%(水)の場合に音響陰影は再び消 失するなど,再現性のある結果が得られた.

# 6. 考 察

過去に報告された.脂肪肝に伴う肝実質の音速変 化の計測例<sup>12-16)</sup>を Table 1 に示す. これらの結果は 全て、正常肝に比べて脂肪肝の音速が低下すること を示しているが、その絶対値にはばらつきがあり、 数値を直接用いた考察は難しい、そこで、各報告に おける音速低下率を計算したところ、0.6%~2.0% 程度と比較的微小であることがわかる.次に、前述 したファントム実験の結果によれば、濃度9.0%の 食塩水の場合(Fig. 10 d)でも屈折による音響陰影 が観察されたが、この時の食塩水に対する周囲ファ ントムの音速値低下率は2.6%であり、同様に微小 であることがわかる.また、被検体肝臓の脂肪面積 は Bamber & Hill<sup>12)</sup>で 19.6%<sup>17)</sup>. Ghoshal et al.<sup>16)</sup>で は13.9%であった(他の引用文献では非開示)、今 回我々が簾状エコーを確認した症例の90%が、肝 生検組織標本における脂肪滴面積率60%以上。最 低でも40%であり、上記文献と比較して2~3倍 の脂肪量であるので、このような肝臓内の直径1 mm 程度の血管断面から、本実験と同様な音響陰影 が発生していると考えることは十分妥当であること が示唆される.

櫛状エコーは従来,肝硬変に特徴的に出現すると されてきたが, 籐状エコーは,非肝硬変症例でも高 度脂肪肝であれば発生しており,一方で肝硬変であっ ても高度脂肪肝でなければ発生しなかった.この乖 離について以下に考察する. Ishida et al.<sup>6</sup>は,肝硬

Jpn J Med Ultrasonics Vol. 43 No. 5 (2016)

Fig. 10 異なる食塩水濃度に対 するファントムの B-mode 像. 食塩水濃度: a 0%, b 27.0%, c 13.5%, d 9.0%



(c) 1510 vs 1560 m/s (-3.2 %)

(d) 1510 vs 1550 m/s (-2.6 %)

Ladie 1 迥式に載自 CAULL 市所わよび 面別 M V 目述V 例	) 无 1 個
--	---------

Sound velocity (m/s)		D	T tour an autorau	Deference	
Normal		Fatty	Decrease	Liver specimen	Kelerence
1573	⇒	1556	-1.1%	human, excised	Bamber & Hill 1981 12)
1578	$\Rightarrow$	1547	-2.0%	human, excised	Chen et al. 1987 <sup>13)</sup>
1574	$\Rightarrow$	1559	-1.0%	human, excised	Lin et al. 1988 14)
1587	$\Rightarrow$	1565	-1.4%	rat, excised	Takeuchi et al. 2011 15)
1574	$\Rightarrow$	1565	-0.6%	rat, excised	Ghoshal et al. 2012 <sup>16)</sup>

変の結果生じた肝表面の凹凸形状が,超音波の屈折 角を位置的に変化させ,この結果超音波音場に発生 した疎の部分が音響陰影となる,と報告している. しかしながら,該論文で取り扱う音響陰影は,肝表 面に凹凸が生じる硬変肝を前提としており,原理的 には高度脂肪肝のみでは発生しない.実際,陰影の 幅も1 cm 程度と比較的大きく,論文中では"Signe de drapeau (旗状サイン)"と呼称されており,もと より簾状エコーとは異なる見解と言える.若杉等に よる櫛状エコーの報告"は,肝左葉の中心部で撮像 し,陰影は肝表面から発生するとしながらも,陰影 ラインの細かさなどから,表面凹凸よりも肝線維化 によって生成された線維性隔壁によるものと推察し ている.ただし線維性隔壁は肝実質内にも存在する はずだが、該論文では肝表面のみから発生する理由 については述べられていない.またその検討には7.5 MHz アニュラアレイプローブが使用され、臨床検 査で一般的に使用される周波数帯域(3.5 MHz)よ り空間分解能が高い.

本論文の仮説4に対応する,肝表面から音響陰影 が観察された1例の診断はNASH疑診であり,線 維性隔壁の生成あるいは肝表面に微小な凹凸化が起 こっている可能性がある.このように,肝硬変に起 因する音響陰影は肝表面から発生するケースが否定 できないが,高度脂肪肝のみのケースで発生する籐 状エコーは,音速が低下した肝実質と血管内血液間

Jpn J Med Ultrasonics Vol. 43 No. 5 (2016)

の屈折現象であることが示唆された.肝内血管の種 類による違いについては本検討では実験的には特定 できないが、組織学的に見て内腔が広く、脂肪滴群 と液体の間に厚い血管壁が介在しない方が屈折現象 には有利であることから、肝静脈次いで門脈が、籐 状エコーの原因になりやすいのではないかと考察さ れる.なお、脂肪量が増大すれば屈折率も増大し、 それによって籐状エコーの陰影は理論的には太くな るため、この陰影の幅も肝脂肪量の定量化に寄与す る可能性がある.ただし、発生源の位置と超音波ビー ム幅も陰影の視認性に関与し、送信焦点と発生源が 一致した時には陰影は顕著で、焦点外の場合には陰 影はぼけることが理論的には予想される.このよう な影響もあるため、現段階では定量化までの結論に は至っておらず、これらは今後の検討課題としたい.

# 7. 結 語

本稿では、籐状エコーの発生機序に関する考察を、 臨床画像と病理診断の比較および生体疑似ファント ム実験にて行った.結論として,高度脂肪肝により 音速が低下した肝実質と血管内血液間の屈折現象 が、籐状エコー発生の一つの主要な原因であること が明らかとなった.また、「櫛状エコー」「旗状サイ ン」といった過去の報告とのメカニズムの違いも考 察した.以下に臨床超音波検査に対する示唆を記す. 脂肪肝は一般的に bright liver で視認できるが、そ こに籐状エコーも観察されるなら、高度脂肪肝を疑 うべきである.近年の超音波装置は感度が向上し, 深部減衰の有無や横隔膜の不明瞭さの判断基準が 年々変化してしまうことを考えると、籐状エコーは 別の有用な特徴となり得る. また籐状エコーが観察 された症例を肝硬変と即断すべきではない. 籐状エ コーを肝外からの音響陰影と区別するためには、被 験者に呼吸を指示し肝臓と腹壁との位置を変えるこ とで判別が容易となる.

今回未解決の課題としては、肝実質内あるいは肝 表層部の線維性隔壁が籐状エコー源となり得るか、 ということである.本結果によればそれは籐状エコー の主な原因ではないと思われるが、その存在を否定 することはできない.これに関する考察は今後の課 題としたい.

### 倫理規定

本研究の臨床データは東邦大学倫理規定に沿って

得られたものであり、倫理上の問題はありません。 利益相反

著者全員が、本論文に関わる研究に関して利益相 反はありません。

#### 文 献

- Gosink BB, Lemon SK, Scheible W, et al. Accuracy of ultrasonography in diagnosis of hepatocellular disease. AJR Am J Roentgenol. 1979;133:19-23.
- Joseph AE, Dewbury KC, McGuire PG. Ultrasound in the detection of chronic liver disease (the "bright liver"). Br J Radiol. 1979;52:184-8.
- Yajima Y, Ohta K, Narui T, et al. Ultrasonographical diagnosis of fatty liver: significance of the liver-kidney contrast. Tohoku J Exp Med. 1983;139:43-50.
- Saadeh S, Younossi ZM, Remer EM, et al. The utility of radiological imaging in nonalcoholic fatty liver disease. Gastroenterology. 2002;123:745-50.
- Palmentieri B, de Sio I, La Mura V, et al. The role of bright liver echo pattern on ultrasound B-mode examination in the diagnosis of liver steatosis. J Dig Liver Dis. 2006;38:485-9.
- Ishida H, Yagisawa H, Morikawa P, et al. Signe de drapeau: Un nouvel aspect echgraphique de la cirrhose macronodulaire. J Echographie Med Untrason. 1988;9:133-8.
- 7) 若杉聡,大栗茂芳,平田信人,ほか.肝硬変に出現する「櫛状エコー」病理的検討とその意義.超音波医学. 1999:26:1185-95.
- 8) 篠原正夫, 松清靖, 佐藤綾, ほか. NASH 高危険群囲 い込みにおける櫛状エコーの有用性について. 第1 回びまん性疾患の画像研究会抄録集. 2014;11.
- 9) 神山直久,住野泰清,丸山恋一,ほか. 櫛状エコーの 発生機序に関する考察(1).第88回日超医抄録集.
  2015;42:S591.
- Müller N, Cooperberg PL, Rowley VA, et al. Ultrasonic refraction by the rectus abdominis muscles: the double image artifact. J Ultrasound Med. 1984;3:515-9.
- Robinson DE, Wilson LS, Kossoff G. Shadowing and enhancement in ultrasonic echograms by reflection and refraction. J Clin Ultrasound. 1981;9:181-8.
- Bamber JC, Hill CR. Acoustic properties of normal and cancerous human liver. I. Dependence on pathological condition. J Ultrasound Med Biol. 1981;7:121-33.
- Chen CF, Robinson DE, Wilson LS, et al. Clinical sound speed measurement in liver and spleen in vivo. J Ultrason Imaging. 1987;9:221-35.
- 14) Lin T, Ophir J, Potter G. Correlation of ultrasonic attenuation with pathologic fat and fibrosis in liver disease. J Ultrasound Med Biol. 1988; 148:729-34.
- 15) Takeuchi Y, Narisawa R, Hachiya H, et al. Acoustic characteristics measurement of rat liver by multi-frequency ultrasound. Symposium on Ultrasonic Electronics. 2011;32:159-60.
- Ghoshal G, Lavarello RJ, Kemmerer JP, et al. Ex vivo study of quantitative ultrasound parameters in fatty rabbit livers. J Ultrasound Med Biol. 2012;38:2238-48.
- Bamber JC, Hill CR. Acoustic properties of normal and cancerous human liver. II. Dependence on tissue structure. J Ultrasound Med Biol. 1981;7:135-44.