

# Real-time Virtual Sonographyが肝癌診療にもたらしたもの－当院における10年の経験から

What the Real-time Virtual Sonography has brought to the management for patients with hepatocellular carcinoma: A report based on ten years of experience in our hospital

木村 達 Toru Kimura	坂本 梓 Azusa Sakamoto	喜多 竜一 Ryuichi Kita
米門 秀行 Hideyuki Komekado	西川 浩樹 Hiroki Nishikawa	那須 章洋 Akihiro Nasu
西島 規浩 Norihiro Nishijima	大崎 往夫 Yukio Osaki	

大阪赤十字病院 消化器内科

当院で肝細胞癌(hepatocellular carcinoma: HCC)に対するRadiofrequency Ablation(RFA)の際にReal-time Virtual Sonography<sup>\*1</sup>(RVS)を導入して10年が経過した。この間、RVSは第一世代から第三世代まで着実に進化を遂げ、今年、Simple Adjust機能を搭載した第四世代になろうとしている。また他の画像診断技術(CT、MRI)も着実に進歩しており、RFAの対象として腫瘍径1～1.9cm大までの小型の結節が占める割合が増加している。HCCは、肝内再発しやすく繰り返し治療を必要とする傾向のある癌腫であり、RFAの際にRVSを活用する機会は着実に増加している。当院のその現状を報告する。

Ten years has passed after the introduction of Real-time Virtual Sonography<sup>\*1</sup> (RVS: virtual CT sonography system with magnetic navigation) for US-guided percutaneous Radiofrequency Ablation (RFA) for hepatocellular carcinoma (HCC) in our hospital.

During these ten years, RVS has evolved steadily until the third generation from the first generation. In this year, the fourth generation RVS system equipped with the "Simple Adjust" function will appear in the clinical site.

With the steady progress of other imaging techniques such as CT and MRI, the proportion of detected small nodules (1 to 1.9cm in diameter) as the target of the RFA is increasing. Also, since HCC frequently recurs in the liver, there are many cases requiring retreatments. Thus, there have been increasing opportunities to utilize the RVS during RFA therapy. We herein discussed the current status of this modality based on our experience.

**Key Words:** Hepatocellular Carcinoma, Radiofrequency Ablation, Real-time Virtual Sonography

## 1. はじめに

肝細胞癌(hepatocellular carcinoma、以下HCC)は、繰り返し肝内再発を来す傾向の強い癌腫であることから、低侵襲で外科的切除に匹敵する高い局所制御能を有するラジオ波熱凝固療法(Radiofrequency ablation: 以下RFAと略す)は、本疾患の治療法として重要な位置を占める。その適応は、本邦の診療ガイドラインおよび診療マニュアル<sup>1)2)</sup>では、肝予備能が保たれていて、腫瘍数1～3個、腫瘍径3cm以内とし、また欧州肝臓病学会(EASL)の診療ガイドライン<sup>3)</sup>ではBCLC stage 0またはstage Aで、肝切除の適応とならない結節径5cm未満としている。このようにRFAは国内外で広く行われている治療手技であり、本邦ではそのほとんどが超音波画像誘導下に経皮的に行われている。

当院では、1999年よりRFAを導入し、小型HCCに対して積極的に施行してきた<sup>4)5)</sup>。図1は当院で施行しているHCCに

対する年間の治療件数をグラフにしたものである。HCC患者に対しては、特に禁忌がない限り、全例に診断目的で血管造

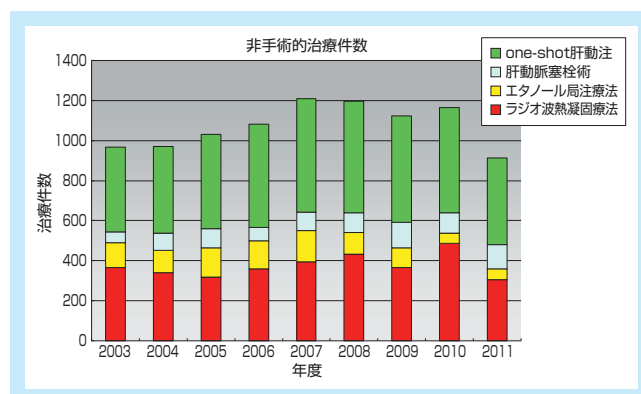


図1: 当院における肝細胞癌に対する内科的治療件数(2003～2011)

影下CTを含む血管造影検査を行い、各結節の精密な血流診断に努めるとともに、多血性HCCに対して経皮的穿刺局所療法(RFA、エタノール局注療法PEI)と経カテーテル治療(肝動脈塞栓術、肝動注化学療法)との併用を積極的に行っている。総治療件数は、年間1000件前後で、RFAは年間300件前後施行している。RFAは、全例、超音波誘導下に経皮的に行っているため、精度および安全性の高い穿刺技術に直結する、より良い超音波画像技術の導入にも積極的に取り組んできた。

経皮的穿刺技術(狙撃生検、RFA)の際に、通常のB-mode像に加えて利用できる超音波画像技術として、他の画像モダリティと組み合わせたReal-time Virtual Sonography<sup>\*1</sup>、以下RVSと略す)とソナザイト<sup>\*2</sup>造影超音波法とがある。

われわれは、2003年10月よりRVSを導入し、今日に至るまでRFA施行の際に利用してきた。その経験をもとに、RVSがもたらした肝癌治療現場の変化と今後の展望について論じてみたい。

## 2. RVSの機器の進歩、導入から現在まで

当院にて2003年10月に導入し今日まで使用してきたRVSの性能や機能の歴史を概説してみたい。

第一世代：2003年10月より使用を開始したが、当初は超音波診断装置EUB-6500と外付けのワークステーション(デスクトップパソコンと外付け液晶ディスプレイ)との組み合わせだった(図2)<sup>6)</sup>。磁気発生装置と磁気センサー自体には、現在まで大きな変化はない。

患者のベッドが磁性体金属できていると精度に悪影響が出ることを確認し、RFA専用ベッドの材質に変更を提案した。また、磁気発生装置の設置法が、当初はL字型の合成樹脂に装着され患者の背中とベッドの間に挟み込む形だったものから、ベッドの端に金具で取り付けるように工夫した。

第二世代：2006年、第一世代が、1シリーズしか表示できなかった参照画像を2シリーズから最終的には3シリーズまで同時表示できるようになった。Multi-phaseないしMulti-windowと称した機能である<sup>7)</sup>。これは、外付けのワークステーションでのみ実現された機能であった。ほぼ同時期に、平行してRVS機能が超音波診断装置内に内装されるように

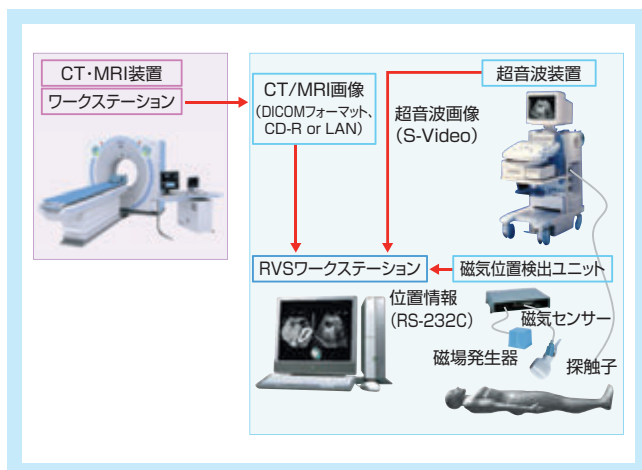


図2：Real-time Virtual Sonography(RVS)の構成図

なった。しかし、EUB-6500では、画面が狭いことや動作速度が遅いため、この時期は外付けワークステーションを継続して使用していた。

第三世代：2009年よりHI VISION Preirus<sup>\*3</sup>を導入した。HI VISION Preirusでは、画面が広くなり、処理速度が格段と向上し、外付けワークステーションとは決別することになる。参照画像は4シリーズまで読み込むことができ、Multi-windowではなく一画面だが、複数の参照画像を瞬時に切り替えて使用できるようになった。

その後、参照画像としてCTに加えて、MRI画像、およびUS volumeデータを扱えるように拡張され、発展的に機能増強が行われた。さらに、参照画像上に初めて円形または正方形のマークを付けられるようになった。目に付くハード面での改良は、磁気発生装置には、金属製のアームが付いた専用スタンドが用意されたことである。これにより患者がベッドに移動した後から、磁気発生装置を肝臓の近くに自由に設置できるようになった(図3)。

第四世代(Simple Adjustの時代へ)：2013年、HI VISION Ascendus<sup>\*4</sup>に搭載されたRVSでは、参照画像とUS像との位置合わせ方法に大幅な見直しがなされた。従来のUS像か参照画像かのいずれかを止め、対する断層面を合わせて同期を再開する(断面合わせ方式)に加えて、新たに断層画像上の一点で合わせる方法(Simple Adjustと称する軸合わせ方式)が搭載された。従来の断面合わせ方式は、参照画像を微調整(上下左右、x、y、z軸をマニュアルで動かすことができる)機能と組み合わせることにより、最終的には精度の高い位置合わせをすることが可能である。しかし、短時間に十分な位置合わせを行うにはある程度の慣れが必要であった。その点、軸合わせ方式は、開始点の体軸と超音波プローブとの位置を決めれば、あとは断層画像上の一点を合わせるだけなので、操作に習熟する必要がない。

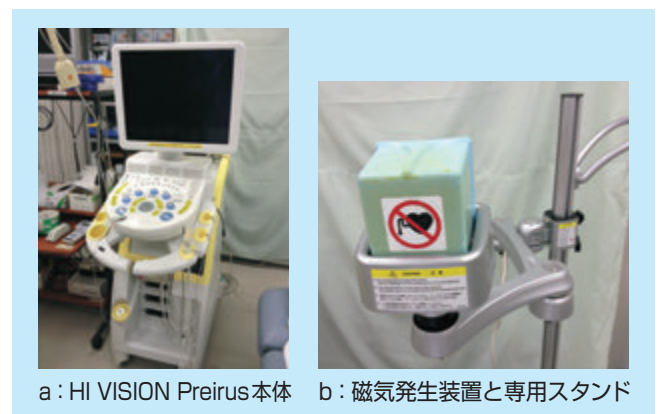


図3：現行機種

## 3. 最適な参照画像

RVSは、当初、参照画像としてCT画像を想定して開発されたが、その後MRI、さらにはUS自体の3D volumeデータを扱えるようになった。ここで、参照画像として適した画像とは何かを述べてみたい。最適な参照画像の要件は、標的病変が明瞭に描出され、かつ門脈・肝静脈などの肝内脈管が明瞭

に描出されているものと言える。さらには広い範囲で歪みの少ないことが望まれる。造影CTでは、通常は単一のシリーズで両者の条件を満たすことは困難であり、通常の静注dynamic CTでは、腫瘍濃染が得られる早期相と、門脈や肝静脈が描出される後期相と組み合わせる利用することが一般的である。われわれは、侵襲的な血管造影検査を行う必要があるが、門脈造影下CT(CTAP)と肝動脈造影下CT(CTHA)の組み合わせがこの条件を満たす最良の組み合わせと考えている。

近年、肝腫瘍の診断において最も注目されている画像診断検査法の一つとしてEOB・プリモビスト造影MRI(以下、EOB-MRI)がある。2008年から本邦で使用可能となったGd-EOB-DTPA、EOB・プリモビスト<sup>※5</sup>(バイエル薬品株式会社)は、肝細胞特異性造影剤と言われ、従来の造影剤と同様に得られる血流画像に加えて、投与後20分後の肝細胞造影相(T1強調画像)が撮像できることが特徴である<sup>8)</sup>。本造影剤は、肝細胞に選択的に取り込まれ胆汁に排泄されるため、肝細胞造影相(T1強調画像)では、正常肝実質は高信号、腫瘍は低信号に高いコントラストで描出される。しかもT1強調画像のため分解能も良好で、門脈、肝静脈などの血管は低信号に、造影剤が排泄される胆管は高信号に描出される。肝機能不良例には応用できない注意点があるが、EOB-MRI肝細胞造影相は、MRI特有の画像の歪みがあるものの、単一のシリーズで参照画像として求められる要件をほぼ満たしている。

EOB-MRIの特筆すべき点は、HCCの多段階発癌の過程において、他の画像診断モダリティと比べて最も早期の段階のHCCを高い感度と特異度で検出する点である<sup>9)10)</sup>。従来の血流画像では、腫瘍の動脈血流の低下ないしは部分的な増加、門脈血流の低下が、検出する初期の癌化の指標とされたが、血流画像の変化よりも以前の段階でEOB-MRI、肝細胞造影相で信号強度が低下する腫瘍が当たり前のよう描出される。このような早期の肝細胞性腫瘍にどのような段階で治療介入すべきかという課題には、未だ明瞭な解答は出されていないが、肝癌診療の臨床現場に大きな変革をもたらしたことは疑いを挟む余地がない。

EOB-MRI、肝細胞造影相で低信号を呈する腫瘍に対し、生検や経皮的治療(RFA)を施行する際にも、当然のごとく、B-mode超音波による病変の描出が不可欠である。これらの病変の内、通常のB-mode像で明瞭に描出できなかった場合、その描出には、ソナゾイド造影超音波では不十分で、EOB-MRIを参照画像としたRVSが極めて有用である<sup>11)12)</sup>。当院の後ろ向きの検討でも、HCC高危険群に施行されたEOB-MRI肝細胞造影相にて低信号を呈した乏血性腫瘍(n=49、平均腫瘍径1.4cm)における、B-mode超音波、ソナゾイド造影超音波(後血管相のみ)、RVSでの腫瘍検出率はそれぞれ59、21、86%で、RVSの有用性を確認した。

図4に、通常のB-mode像では指摘困難であったが、EOB-MRI肝細胞造影相をリファレンスとしたRVSで描出でき、経過観察の後に生検、RFAを行った高分化HCCの一例を提示する。

このように、リファレンス可能な画期的な画像診断技術の登場により、超音波検査法の価値を高められる点もRVSの特徴と言える。

#### 4. RFAの対象結節の変化、高まる支援画像へのニーズ

画像診断の進歩に伴い、RFAの対象となる結節にも変化が現れている。図5は、当院においてRFAを施行したHCCの5mm刻みの最大腫瘍径別結節数の経年的変化をグラフにしたものである。2004年頃から、1~2cmの間の比較的小型の結節の割合が着実に増加している。そのきっかけとなった時期は、2003年9月の当院へのIVR-CTの導入と一致している。既に述べたように、当院では、HCC患者に対し、特に禁忌のない限り全例に診断目的で血管造影検査を行ってきた。IVR-CT導入後は、血管造影下CTをルーチンに行えるようになった。IVR-CTの導入、CT、MRI機器の進歩に加え、先に述べたEOB-MRIの登場により、小型の結節に対する診断精度が確実に向上している。慢性肝炎患者に対する肝癌のサーベイランスとして用いられる画像診断法としてはB-mode超音波が第一選択であることには変わりがないが、RFAの現場では、ルーチンのB-mode超音波で指摘されず造影CT、MRIで指摘された小型の標的結節を、RFA時に超音波検査で探すという場面が珍しいことではなくなっている。HCCは、肝内再発を繰り返す傾向の強い癌腫であり、治療痕を含めた肝内の結節数が増加するにつれ、その傾向は強くなる。RFAは、低侵襲とはいえ、合併症を生じうる治療手技であり、治療時にB-mode超音波上で標的部位を確実に描出することは、安全、確実な治療には不可欠である。このように当院のRFAの現場では、RVSやソナゾイド造影超音波の役割は確実に高まっている。

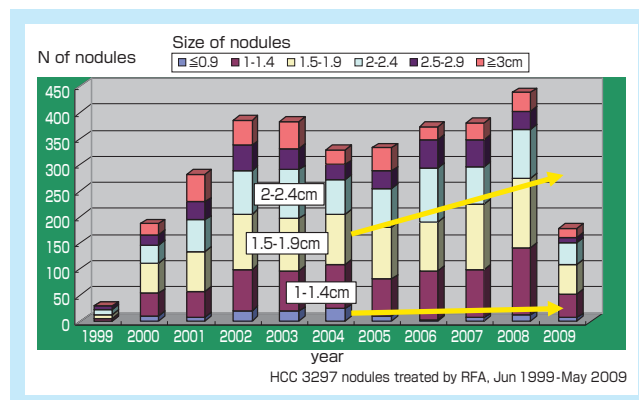


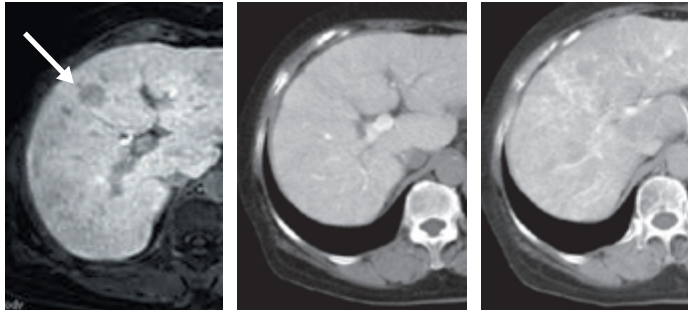
図5：RFA対象HCC結節径の経年的変化  
RFAの対象結節として矢印に示した範囲の1~2cm大の比較的小型の結節が増加している。

#### 5. RVSの使用目的と有用性

RVSに期待される効果として、まず、通常のB-mode超音波で描出が困難ないし不明瞭な病変に対する描出能の向上が挙げられ、これはRFAの治療成績の向上に直結する<sup>12)~14)</sup>。それに加え、最近では、RFAの治療効果判定への応用なども報告されている<sup>15)</sup>。

当院において、本法をRFAの際の支援画像として利用している現状を報告する。HCCは、しばしば肝内再発を繰り返す疾患であることに加え、高性能なmulti-detector CTやEOB-





a : EOB-MRI肝細胞造影相 b : CTAP像 c : CTHA像

図4A : EOB-MRI肝細胞造影相にてS2の多血性病変とは別に、S4に1.9cmの低信号結節が指摘された。同病変は血管造影下CTでは指摘困難であった。

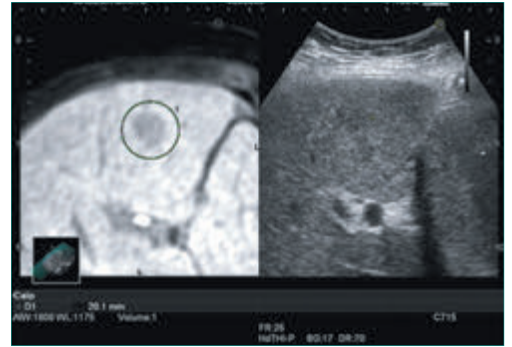
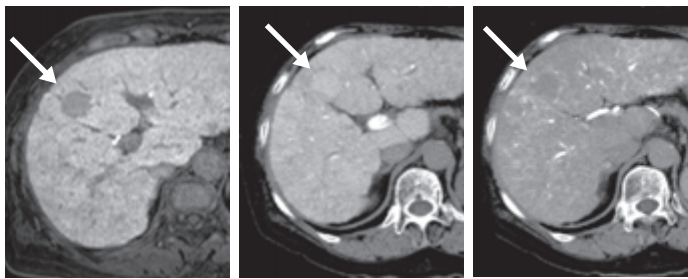


図4B : EOB-MRI肝細胞造影相をリファレンスとしたRVSを施行すると、わずかに低エコーを呈する境界不明瞭な結節として描出できた。経皮的生検では、異型結節と診断され経過観察の方針となった。S2の多血性結節に対しては肝切除が施行された。



a : EOB-MRI肝細胞造影相 b : CTAP像 c : CTHA像

図4C : 2年後。S4の結節は、EOB-MRI肝細胞造影相ではより低信号化し2.4cm大に増大していたが、血管造影下CTでは不明瞭であった。

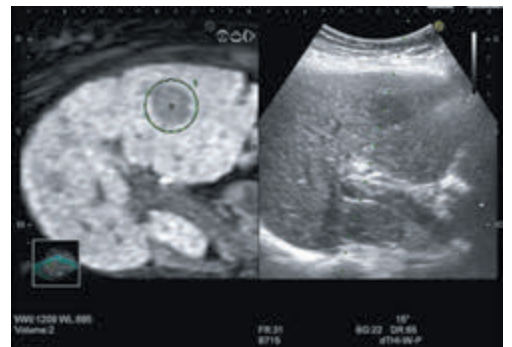
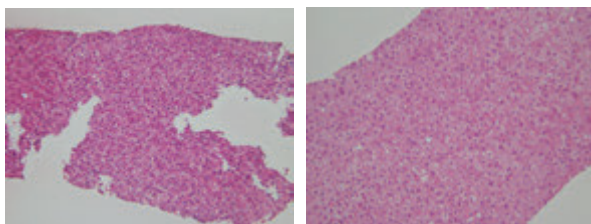
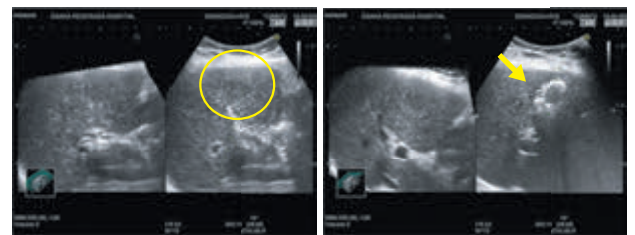


図4D : 2年後のEOB-MRI肝細胞造影相をリファレンスとしたRVS像。明瞭な低エコー結節として描出された。



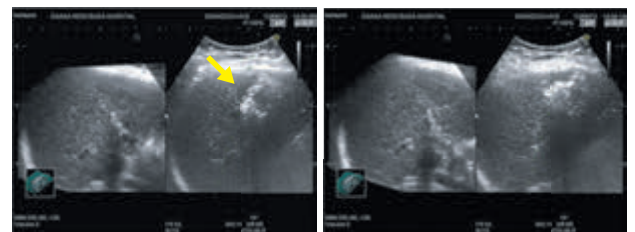
a : 結節部 b : 非結節部

図4E : 2年後の肝生検組織像。高分化肝細胞癌と診断された。



a : RFA前のRVS像。左がリファレンス像、右がB-mode像。円内が標的結節。

b : 2cm Cool-tip needleにて一回目の凝固を施行した。結節の左側部分(矢印)に未凝固領域があると判断した。



c : 未凝固領域に対し2回目の穿刺、凝固を施行した。

d : RFA終了時。ガスエコーが結節を覆い、十分な凝固が完了したと判断した。

図4F : RFA時の超音波像。治療前のUS volumeデータをリファレンスとしRVS下でRFAを施行した。2cm Cool-tip needleにて、ガスエコーが結節全体を覆い十分な治療効果を得るまで複数回の穿刺にて重ね焼きした。

図4 : 70才代、女性、C型肝硬変、肝細胞癌初発例

2010年4月、サーベイランス目的の画像診断(EOB-MRI dynamic study)にてS2 2.5cmの多血性結節を指摘され、HCCと診断された。

MRIの出現により、生検やRFAの対象として、より小型、非典型的な病変の頻度が増加し、臨床の現場ではRFA前に標的結節をB-mode超音波で探す場面が増加していることは既に述べたとおりである。このような場合、通常のB-mode像に加え、ソナゾイド造影超音波、RVSの活用が必須となっている。図6は、当院における、2009年および2011年の、これら支援画像(RVS、ソナゾイド造影超音波)の利用頻度をグラフにしたものである。支援画像の利用率は、2009年に41%のRFAセッションであったものが、2011年には55%と着実に増加している。ソナゾイド造影超音波の利用率に大きな変化はないが、RVSは単独で7%から11%、ソナゾイド造影超音波との併用で7%から15%とその利用率が増加していた。その利用目的は、術前のB-mode超音波で腫瘍が不明瞭であったため、未凝固領域に対する追加治療を行う際の標的部位の同定のため、局所再発部位の同定のため、がそれぞれ27、11、3%であった。59%と過半数を占める残りの症例では、術前のB-mode像で標的腫瘍は描出されているが、実際のRFA施行時に標的腫瘍の確認の目的で使用されていた(図7)。標的腫瘍が通常のB-mode像で描出される際にも、客観性が高く、周囲臓器を含め視野の広い参照画像を表示しながら超音波誘導下に穿刺治療を行うことは、施行医に強い安心感をもたらし、精度や安全性の向上につながるものと思われる。

当院では、施行医が、RFAを予定している症例に対し、RFA施行前日または当日の午前中にプランニングエコーと称した超音波検査を必ず行うことにしている。直前の超音波断層像にて標的腫瘍の個数、サイズ、局在を確認し、電極針の種類(単針、展開型など)やサイズ、針の刺入点、刺入方向や穿刺回数、患者の体位など最終的な治療戦略を決定する。通常は、造影CT(静注dynamic CT、血管造影下CT)や造影

MRI(静注dynamic MRI、EOB-MRI)が既に施行されており、それらの画像診断にて描出された標的腫瘍を、超音波検査にて描出し、経皮的に穿刺可能か否か最終的に確認することになる。図8は、プランニングエコー時に考慮する治療戦略である。横隔膜直下の超音波の死角となる部位に存在する腫瘍に対しては人工胸水作成を考慮し、通常のB-mode超音波で描出困難な病変であれば、ソナゾイド造影超音波またはRVSを利用することになっている。最近では、プランニングエコー時にもRVSを用いて観察する機会が増加している。プランニングエコー時に、RVSを利用することにより、事前に超音波診断装置のハードディスク内に、標的病変のマーキングなど必要な設定が全て済んだDICOM画像を保存しておくことができ、実際にRFAを施行する際に、ごく短時間にその状態を再現できる点も大きなメリットである。

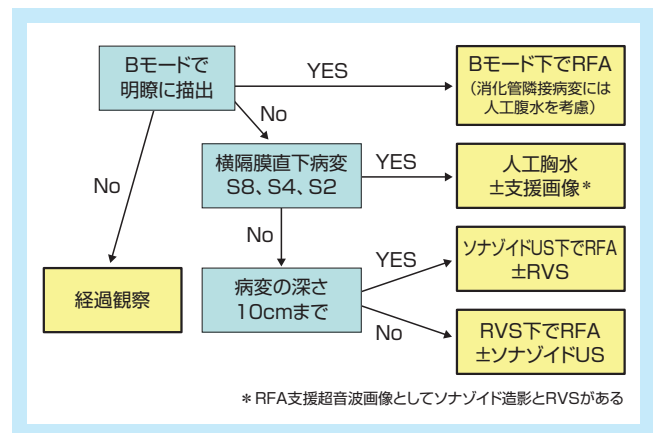


図8：プランニングエコー時に考慮する治療戦略

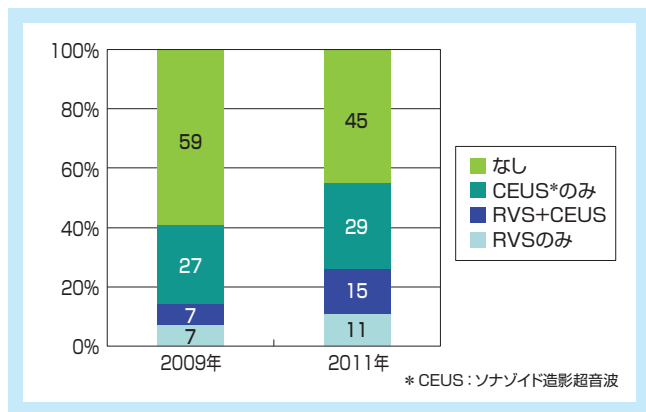


図6：RFA施行時の支援画像利用率の変化  
RFA時の支援画像の利用頻度は増加している。

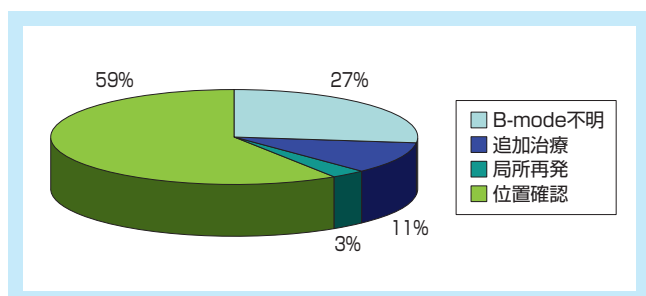


図7：支援画像の利用目的(2011年)

## 6. 穿刺治療に適した穿刺専用プローブ

RFAでは、体表から、経皮的に15~17Gの電極針を、肝臓のさまざまな部位に局在する標的腫瘍まで、安全かつ高い精度で針先を誘導するという技術が求められる。また、通電凝固時間中(10分前後)に、針先を一定の位置に保持することも必要である。

穿刺用プローブは、通常のコンバックス型またはマイクロコンバックス型プローブに外付けの穿刺用アダプタを装着して利用するのが一般的であるが、当院では、EUB-6500の時代から穿刺専用プローブを用いてきた。2011年6月からは、従来のEUP-B514からHI VISION Preirusの機能をフルに発揮できる様に新たに開発されEUP-B715に切り替えた(図9)。穿刺専用プローブに求められる性能とこの両者のプローブの

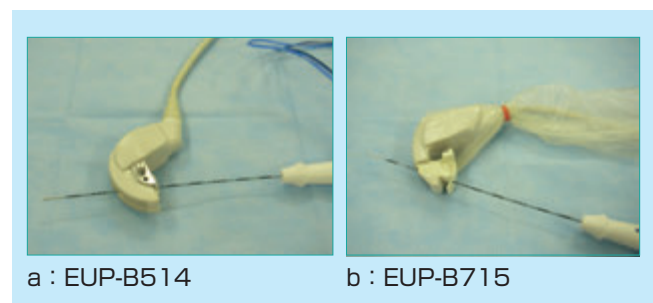


図9：新旧の穿刺プローブ



比較を表1にまとめてみた。両者ともに、コンベックス型プローブをもとに、穿刺専用で改造したものであるが、性能の差もさることながら、実用上の最も大きな変化は、滅菌カバーに対応した点である。EUP-B514では、使用前に穿刺プローブと金属アダプタ部分を毎回、洗浄消毒する必要があったため、同一日に複数例の処置をすることに支障が生じたことに加え、プローブの劣化を来しやすいことが、実際の使用上の大きな

制限となっていた。EUP-B715では、従来金属製であったアダプタ部分をディスプレイの合成樹脂製にしたことで実現することができた。複雑な構造の穿刺アダプタを比較的安価なディスプレイ製品として提供可能となった点は画期的と思われる。

図10に皮膚の電極針の先端が皮膚穿刺点からモニターで、体表に対して直角および直角に近い角度の穿刺ラインが選択できるEUP-B514が有用であった一例を提示する。

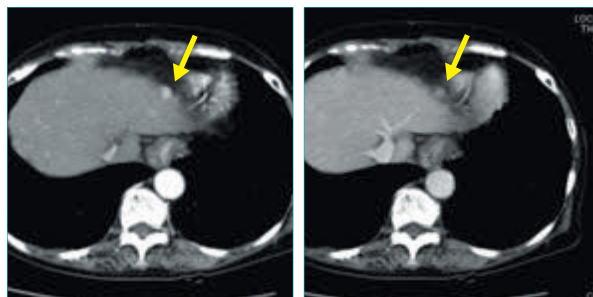
表1：穿刺用プローブの比較

項目	EUP-B514 (2005～)	EUP-B715 (2011.06～)
穿刺しやすいこと*	◎	○～◎
良好なB-mode画質	○	○～◎
ソナゾイド対応	○	◎
RVSに対応	◎	◎
カバーが使用できる	×	◎

\*断層画像上に皮膚の穿刺点が描出される、皮膚に直角に穿刺できる、剛性がある。

## 7. RVSの今後の課題

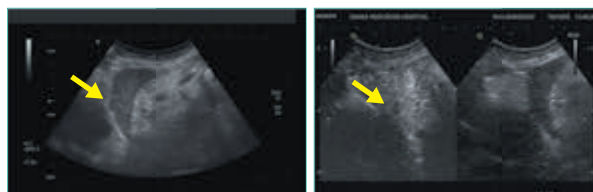
RVSは、客観性の高いCTやMRI像を参照しながら超音波検査を行うということで、あたかも自動車を運転している際に、GPSを備えている状況に例えることができる。すなわちRVSは、あらゆる超音波検査の際に、利用して構わない技術である。超音波検査の際、通常は意識しなくても、困ったときほど役に立ち、あっても邪魔になることはない補助技術と



a：早期相

b：後期相

図10A：治療前の静注dynamic CT  
S2横隔膜面に1cm大の多血性再発結節を認めた。同結節は横隔膜を介して心臓に近接していた。



a：心窩部縦走査、B-mode像。S2横隔膜面に突出した小結節を認める。

b：心窩部縦走査、ソナゾイド造影超音波像、後血管相。同結節はdefectとなる。

c：術前のdynamic CTをリファレンスとしたRVS。超音波検査で描出された1cm大の結節が、標的結節であることが確認できる。

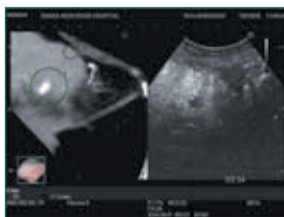
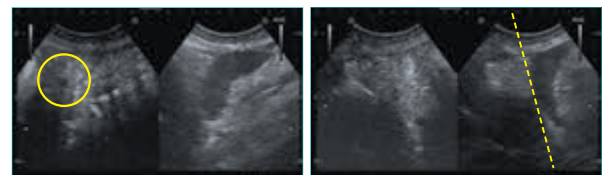
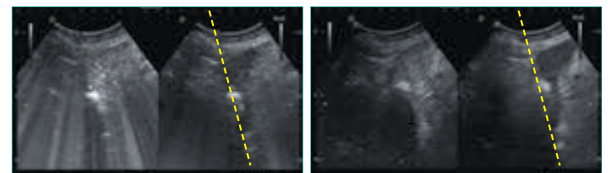


図10B：RFA直前の超音波像



a：ソナゾイド造影超音波、後血管相。心窩部縦走査。円が1cm大の標的結節。

b：横隔膜面に平行となる75度の穿刺ライン(波線)を選択。



c：RFA通電凝固中。

d：RFA直後の超音波像。

図10C：RFA時の超音波像。電極針先のモニターが皮膚の穿刺点から可能であり、体表から垂直に近い穿刺ラインが選択できるEUP-B514が安全確実にRFAを行うのに極めて有用であった。

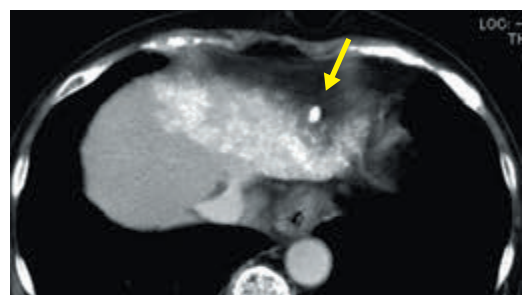


図10D：評価CT像。標的結節は凝固マージンを取り凝固されていた。特に合併症は認めなかった。

図10：70才代、女性、C型肝硬変、肝細胞癌再発例

言える。従って、実際の現場では、必要性が生じた際にすぐに利用できるよう、利用する敷居をどれだけ低くできるかに一つの課題がある。それは、装置側の課題であるとともに施設側の運用上の課題とも言える。

当院での現状は、あらかじめCTまたはMRIのDICOM画像を記録したCD-Rを用意しておき、磁気発生装置を設置し、探触子に磁気センサーを装着し、超音波診断装置にCD-Rの内容を読み込ませ、種々のセッティングを行い初めて利用開始できる。この準備の過程をどれだけ省力化できるかが当面の大きな課題である。また、位置合わせ方法のさらなる改良も必要であろう。将来的には位置合わせ操作が意識することなく自動的になされることが理想である。

もう一つの課題として、さらなる精度の向上を挙げることができる。現状の装置では、肝臓の広い範囲を、参照画像と超音波断層像とをミリメートル単位という高い精度で安定して一致する状態を維持することは困難である<sup>10)</sup>。リファレンスとなるCTまたはMRI像が超音波断層像と撮像原理、撮影時期や撮影時の体位が異なること、呼吸停止状態の撮影であること、装置自体の精度、検査室内の地場の乱れ、磁気発生装置とセンサーとの距離など種々の条件から、原理的にもより高い精度で一致させることにはおのずと限界があると考えられるが、さらなる機器の改良を望みたい。

## 8. 結語

超音波検査法と他の画像診断法とを組み合わせたRVSの当院の肝癌診療における利用の現状について報告した。画像診断の進歩により、RFAの対象として、ますます小型のHCCや非典型的なHCCの頻度が増加することが予想され、RVSの利用価値がさらに高まっていくものと期待される。

(注)第一世代、第二世代、第三世代、第四世代という用語は、木村先生独自の表現です。

※1 Real-time Virtual Sonography、※3 HI VISION PreirusおよびPreirus、※4 HI VISION AscendusおよびAscendusは株式会社日立メディコの登録商標です。

※2 ソナゾイドはジーイー・ヘルスケア・アクスィエ・セルスカブ社の登録商標です。

※5 プリモビストはバイエル インテレクチュアル プロパティー ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング社の登録商標です。

## 参考文献

- 1) 日本肝臓学会：科学的根拠に基づく肝癌臨床ガイドライン2009年版. 東京：金原出版株式会社，2009.
- 2) 日本肝臓学会：肝癌診療マニュアル第2版. 東京：医学書院，2010.
- 3) EASL. EASL-EORTC Clinical Practice Guidelines : Management of hepatocellular carcinoma. J Hepatol, 56 : 908-43, 2012.

- 4) 大崎往夫, ほか：肝細胞癌に対するIVR, RVSを用いたラジオ波熱凝固療法の有用性. MEDIX, 42 : 15-20, 2005.
- 5) 木村達, ほか：小型肝細胞癌に対するラジオ波凝固療法を主体とした治療戦略, 肝細胞癌に対する治療の現状と標準化. 消化器内科, 55 : 617-26, 2012.
- 6) 三竹毅, ほか：Real-time Virtual Sonographyの開発. MEDIX, 40 : 31-35, 2004.
- 7) 岩崎隆雄, ほか：Sonazoid造影RVSは誰にでもわかりやすいエビデンスにもとづいた画像診断である. MEDIX, 48 : 12-16, 2008.
- 8) Huppertz A, et al. : Enhancement of focal liver lesions at gadoteric acid-enhanced MR imaging: correlation with histopathologic findings and spiral CT--initial observations. Radiology, Feb, 234 : 468-78, 2005.
- 9) 市川智章：A Role of EOB-Primovist in the Detection and the Differentiation of Hepatocellular Carcinomas and Border-line Lesions. 日独医報, 55 : 139-50, 2010.
- 10) Kudo M. : Will Gd-EOB-MRI change the diagnostic algorithm in hepatocellular carcinoma? Oncology, Jul, 78 Suppl 1 : 87-93, 2010.
- 11) 大崎往夫, ほか：RVSの進歩とGd-EOB-MRI時代における新しい臨床応用. MEDIX, 54 : 8-11, 2011.
- 12) Kunishi Y, et al. : Efficacy of fusion imaging combining sonography and hepatobiliary phase MRI with Gd-EOB-DTPA to detect small hepatocellular carcinoma. AJR Am J Roentgenol, Jan, 198 : 106-14, 2011.
- 13) Kitada T, et al. : Effectiveness of real-time virtual sonography-guided radiofrequency ablation treatment for patients with hepatocellular carcinomas. Hepatol Res, Jun, 38 : 565-71, 2008.
- 14) Minami Y, et al. : Radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma: value of virtual CT sonography with magnetic navigation. AJR Am J Roentgenol, Jun, 190 : W335-41, 2008.
- 15) Numata K, et al. : Use of fusion imaging combining contrast-enhanced ultrasonography with a perflubutane-based contrast agent and contrast-enhanced computed tomography for the evaluation of percutaneous radiofrequency ablation of hypervascular hepatocellular carcinoma. Eur J Radiol, Dec, 22, 2011.
- 16) Hakime A, et al. : Clinical evaluation of spatial accuracy of a fusion imaging technique combining previously acquired computed tomography and real-time ultrasound for imaging of liver metastases. Cardiovasc Intervent Radiol, Apr, 34 : 338-44, 2010.