

乳腺画像診断におけるReal-time Virtual Sonography の有用性—放射線科医の観点から—

Utility of Real-time Virtual Sonography in Imaging Diagnosis of Mammary Gland
— From View Point of Radiologist —

佐竹 弘子 Hiroko Satake

名古屋大学大学院医学系研究科 量子医学

RVS(Real-time Virtual Sonography^{*})は、超音波走査と同期して取得しておいたCTやMRIのボリュームデータから同一断面のMPR(Multi Planar Reconstruction)像を並列描画するシステムであり、現在ではリニア型プローブによる表在領域で適用可能である。乳腺RVSの目的は、CTとリアルタイム性を備えるUSを融合することによって、それぞれのモダリティの問題点を解消し利点を高めることにある。さらに、われわれは伏臥位MRIデータを用いてRVSを行うことを試みている。撮像体位の相違が大きな問題ではあるが、今後、MR-detected lesionに対するsecond-look US支援システムとしての有用性を期待したい。

Real-time Virtual Sonography^{*} is a system to display in parallel Multi Planar Reconstruction images of a same section from the already acquired volume data of CT and MRI, in synchronization with ultrasound scanning, and now it is applicable in the superficial areas using linear type probes. The object of RVS of mammary gland is to solve problems of individual modalities and augment their advantages by fusing CT and US having real time capability. Furthermore, we are trying to conduct RVS using MRI data of prone position. Although the difference in the imaging position is a big problem, the utility as a second-look US support system for MR-detected lesions in the future is expected.

Key Words: Real-time Virtual Sonography, Breast, US, CT, MRI

1. はじめに

RVS(Real-time Virtual Sonography^{*})は、超音波走査と同期してあらかじめ取得しておいたCTやMRIなどのボリュームデータから同一断面のMPR(Multi Planar Reconstruction)像を並列描画する超音波検査システムである。このシステムは、腹部領域で開発が始められたが、乳腺領域の画像診断においても超音波検査とCT・MRI検査が相補的な役割をなしていることに着目し、RVSシステムの乳腺領域への臨床応用を試みてきた。

2. RVSシステムの構成

RVSシステムは、超音波診断装置、ワークステーション、磁気センサーユニット(磁気位置検出ユニット・磁気発生器・磁気センサー)から構成される(図1)(注:ワークステーションタイプのRVSシステムは本研究用試作品である)。実際には、撮像収集したCTやMRIのDICOMボリュームデータを記憶媒体もしくはLAN経由でワークステーション内に取得しておく。磁気発生器を被検者の近くに設置し、磁気センサーを探触子に装着する。これらを接続することによって、探触子の位置情報がワークステーションに送信される。ス

キャンの開始時に探触子の位置を読み込んだデータと合わせることによって、超音波画像と同一断面のCTもしくはMRIのMPR画像が並列描画される。

3. 乳腺CT

本邦では、マルチスライスCTの導入に伴い、乳癌の広がり

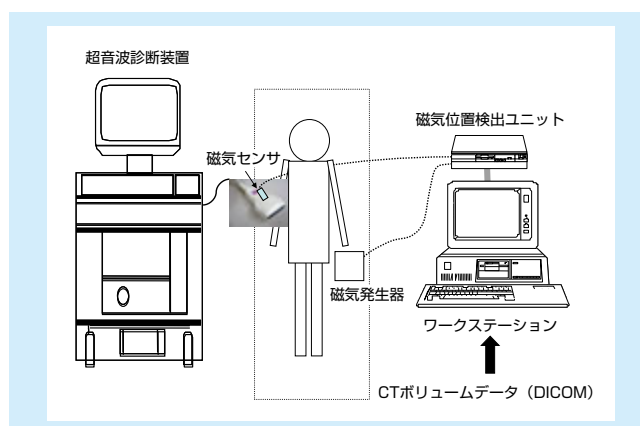


図1: RVSシステム構成図

診断にCTが一般的に活用されるようになった¹⁾²⁾。CTより以前からMRIは広がり診断に用いられていたが³⁾、伏臥位で撮像するMRIでは広がり診断が正確であっても、仰臥位の術野においては実際の位置がずれてしまうという問題が常に存在した。つまり、MRIは広がり診断が正確でも、シミュレーションとしては上手く適用できない場合がある。その点、CTは手術と同じ仰臥位で撮像されるので、位置のずれは少ない。本邦では、2000年に入ってから乳腺CTが急激に広まるようになった。われわれがRVSを乳腺領域に適用しようと考えたのは、それまでの乳腺CTの経験が背景にある。

4. 乳腺領域へのRVSの適用と実際

乳腺領域にRVSの適用を開始するにあたって、当時は乳腺CTがほぼ確立されつつあったことと、超音波検査と同じ体位で撮像が可能であることから、CTのボリュームデータを用いてRVSを行うことにした。乳腺のRVSにおいて、われわれが最も工夫した点は、超音波探触子の位置を示すボディーマークである。腹部RVSシステムでは、被検者個別のCTボリュームデータから自動的にvolume rendering像が作成され、これをボディーマークに採用している。乳腺RVSシステムのボディーマークにおいては、所見となる乳房内の造影域が視認できるように、ワークステーション上で三次元再構成を追加するよう提案をした。具体的には、まずMIP画像を作成し、さらに観察の邪魔となる肋骨などの乳房外領域を削除する。そのうえで乳房の輪郭や乳頭を把握しやすいようなVR像を作成し、MIP像と重ね合わせる。RVSの検査中では、このボディーマーク像上を超音波走査と同期して探触子マークがリアルタイムに動き、その位置の超音波断層像とCTのMPR像が描画されることになる。これによって、三次元CT画像の所見を超音波スキャンを通して被検者の乳房画像上に直接投影することが可能となった。ボディーマーク像の作成には数分を要するが、その後の検査時の有用性を考えれば、

全く苦にはならない労力である。

乳腺RVSでは、最初に乳頭で位置合わせを行っているが、スキャンの途中においても位置合わせ(Adjust機能)が行える。ただし、肝臓領域と異なり血管などメルクマールとなる構築が乳腺においては乏しいことが問題点となる。また、乳房は容易に変形することから、当初、探触子のあて方によって超音波像とCT MPR像の整合性が崩れてしまうことが危惧されたが、リアルタイム性がある故に画像を見ながら探触子の走査を調節すれば問題とはならない。逆に、定常性のあるCT MPR像と比較しながら、強弱をつけて探触子をあてることによって、組織弾性やスキャンの圧迫による画像の変化を実感できることもある。

RVSシステム下で行った超音波検査は、いわゆるsecond-look USとなる。通常のsecond-look USはCT画像やMRI画像を視覚的に認識し、術者の頭の中で記憶をたどりながら超音波検査を行う。RVSは、画面上でリアルタイムに同位置のCT画像を参照可能なため、通常のsecond-look USよりも診断精度のみでなく、確信度や再現性をも高められることが期待される。乳腺RVSの良い適用に、非触知石灰化乳癌(図2)や乳癌の非触知進展巣の同定(図3)とこれらの術前シミュレーションが挙げられる。また、CTで偶発的に発見される造影病変の検索にもRVSは有効である。CTデータを用いてRVSガイド下で超音波スキャンを進めると、視認性が上がり超音波画面上でも病変が検出可能となり、術前マーキングや超音波ガイド下生検など実際の臨床手技への貢献は大きいものとする。

5. 乳腺CTの問題点

2008年に日本乳癌学会より発行された乳癌診療ガイドライン⁴⁾において、“乳癌の広がり診断においてCTを行うことを勧められる十分な根拠はない”と、同じクリニカルクエストで推奨グレードBであったMRIに対し、CTは推奨グレードCにとどまった。2006年には、Shimauchi⁵⁾らが、乳癌の乳

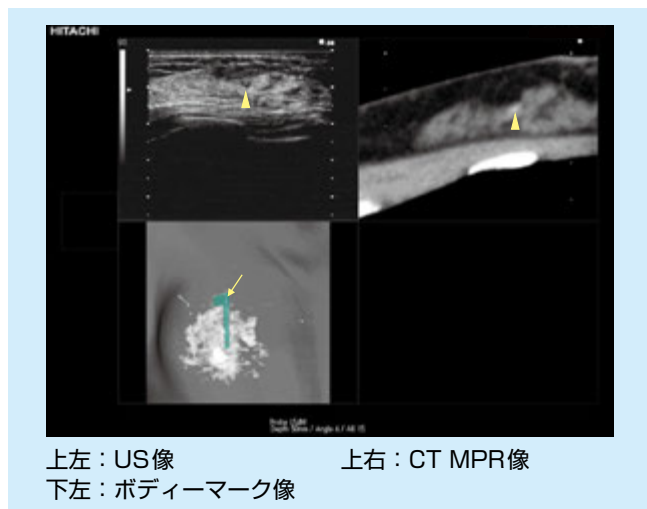


図2：非触知石灰化乳癌のRVS

探触子マーク(矢印)の位置のCT MPR像、US像が並ぶ。CT MPR像では微小な小斑状の造影域(矢頭)を認め、USでは相当すると思われる斑状エコー域(矢頭)を認める。内部に点状の高輝度エコー域を伴う。

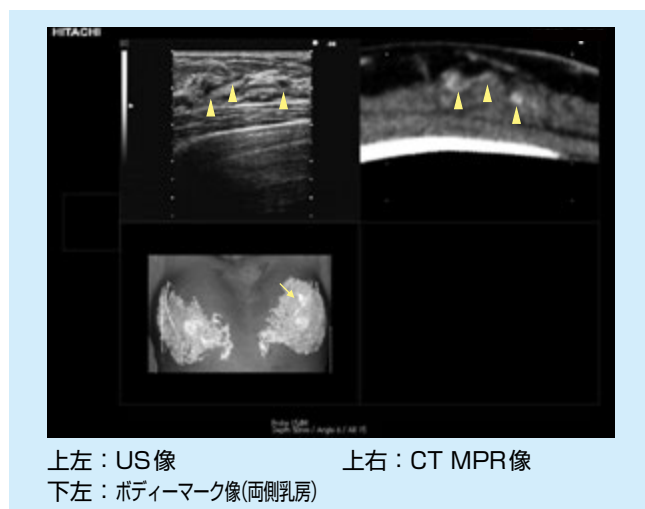


図3：RVSによる触知乳癌の非触知進展巣の同定

主病巣(矢印)の乳頭側に、背景の乳腺症変化と等エコーを呈す非触知進展巣(矢頭)が検出される。当初の超音波単独検査では検出されなかった。

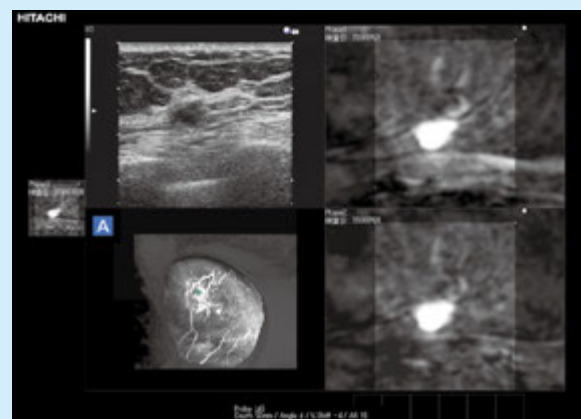
管内進展巣の検出感度はMRIの方が有意に高いと報告している。MRIはCTよりも濃度分解能に優れ、最近では拡散強調調像やMR spectroscopyなどの新技術によって、組織性状の評価はMRIの方が優れていると考える。これに対して、CTは空間分解能に優れているが、近年のMRI技術の発展により、CTと同等の空間分解能で撮像が可能となりつつある。欧米ではMRIの適応が拡大される傾向で、術前検査に限らず、MMG(Mammography)、超音波検査に続いて行う三番目の標準検査として位置付けられつつある。このような中で、被曝と造影剤アレルギーの危険性が高いCTをMRIと同じ土俵でとらえては、CTの限界は否めない。乳癌症例についても、まずはMRIを、そして温存術に対してシミュレーションが必要な症例を選択してCTを追加するのが、正しい検査の進め方と考える。病変の質的診断や乳癌の広がり診断はMRIにゆだね、手術時のシミュレーションと転移検索をCTが担うというのが、それぞれの位置付けと思われる。症例に対して最適な検査を選択することこそが、画像診断における個別化診断と考える。

6. 伏臥位撮像乳腺MRIデータを用いたRVSの試み

RVSでは、MRIのボリュームデータを用いてもシステムの操作は可能である。乳腺ダイナミックMRIでは、近年パラレルイメージングの活用などによって、等方ボクセルのボリュームデータの取得が可能となっている。前述のように、MRIの適応の拡大に伴い、MRIでしか発見されない乳癌が今後増加していく可能性がある。一方、MRIによって偶発的に発見される造影域に対する対処がますます問題となっていくと思われる。MRIのデータを用いてRVSが行うことが可能であれば、これらの問題を解決する一方法となり得、さらには早期乳癌の発見につながる可能性がある。しかし、最大の問題はMRIと超音波検査の撮像体位の相違である。伏臥位で乳房を下垂して撮像したデータをRVSに用いて超音波検査を行えば、乳頭で位置あわせをしても位置のずれは免れない。そこで駆使すべき機能がAdjust機能である。仰臥位と伏臥位とは、乳房全体の変形・位置ずれは大きいですが、関心領域(探触子内)で位置合わせをすれば、走査内での位置ずれは最小にできる可能性がある。メルクマールとなる構造を探索できることが理想的であるが、見つからない場合は、既存の乳腺の形状を照合しながら検査を進めていくしかない。多くの問題点はあるが、元来、second-look US自体が術者の頭の中で伏臥位で撮像されたMRI像を漠然と仰臥位に変換して、超音波スキャンを行っているのが現実である。圧迫や撮像体位により乳腺実質を伸展させることによって、診断精度を高めることがMMGやMRIの基本である以上、これらの画像を参照して手術や超音波ガイド下で手技を行うためには、何らかの形で画像データを仮想的に仰臥位に変換することは避けられない。そう考えると、RVSによって同一画面上に二つのモダリティの画像を並列して行う方が、漠然と頭の中で体位変換を行っている従来のsecond-look USよりは有効な可能性がある。ただし、仰臥位CTデータを用いたRVSと比較すると、位置のずれや形態の違いを術者が想定しながら走査し

なければならず、これにはかなりの熟練を要する。仰臥位撮像のMRIを採用することも一手段と考えられるが、仰臥位MRIの診断精度が確立されない限り、広がり診断や乳腺病変の質的診断に対して最初から仰臥位MRIを撮像することは問題と考える。あくまでシミュレーションとしてCT撮像と同様、術前症例を選択して撮像を追加すべき方法と考える。逆に、脂肪性乳房など体位による変形が大きく、RVSを用いてもメルクマールが乏しいことから、伏臥位のMRIでのsecond-look USが難渋すると予想される場合は、仰臥位撮像のCTやMRIの適用を判断すべきと考える。

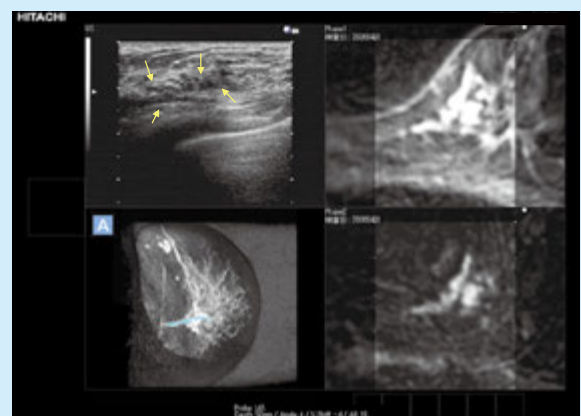
多くの問題はあるが、伏臥位乳腺MRIデータを用いたRVSをわれわれは2007年より始め、術前症例を主体に臨床応用を重ねている(図4)。さらに、最近注目を浴びているMRI-detected lesionに対してもRVSを適用している(図5)。



上左：US像
上右：ダイナミックMRI 早期相MPR像
下左：ボディーマーク像
下右：ダイナミックMRI 早期相サブトラクションMPR像

図4：伏臥位撮像乳腺MRIデータを用いたRVS(MRIで発見された乳癌)

MRIで認める濃染腫瘍に一致して脂肪と等エコー腫瘍を認める。浸潤性乳管癌であった。



上左：US像
上右：ダイナミックMRI 早期相MPR像
下左：ボディーマーク像
下右：ダイナミックMRI 早期相サブトラクションMPR像

図5：伏臥位撮像乳腺MRIデータを用いたRVS(MRI-detected lesion)

MRI濃染域に一致して、まだら状の低エコー域(矢印)を認める。USガイド下マンモトームによって乳腺症と診断された。

MRI-detected lesionに対するsecond-look USは欧米でも最近注目されているが、限界もあり、積極的にMRIガイド下生検を推奨するというのが一般的である⁶⁾。本邦においてもMRIガイド下生検を導入していくことが流れの一つではあるが、時間の制約性などを考えると多施設で導入するのは難しい。まずは、技術の鍛錬や経験からsecond-look USの精度を向上させることが先決である。その中で、RVSがMRI-detected lesionに対するsecond-look US支援システムとして診断精度を向上させる一手段となることを期待している。

7. おわりに

図6に乳癌の画像診断の流れについて提案する。これらの画像診断法を撮像体位で分けると、圧迫や下垂によって乳腺を他組織から分離し伸展させて撮像するのがMMGとMRIであり、手術と同じ仰臥位で検査を行うのが超音波検査とCTである。乳癌治療の第一選択が外科的治療である限り、手術適応のある症例は、広がり診断が正確に行えた後は、仰臥位検査の重要性が増してくると考える。乳腺CTは電離放射線被曝やヨード造影剤使用の問題があり、広がり診断はMRIより劣るとされるものの、シミュレーションとしての有用性は高く、その適応を正しく判断すれば、適切な治療法を導くための有効な検査法となり得る。そして、CTとUSを融合させたRVSはシミュレーションの能力をさらに高めるものとする。MRIを用いたRVSガイド下のsecond-look USについては異論も多いと思われるが、今後増加していくと予想されるMRI-detected lesionに対する対処法の一つとして、活用可能であるか検討を重ねていくことがこれからの課題と考える。

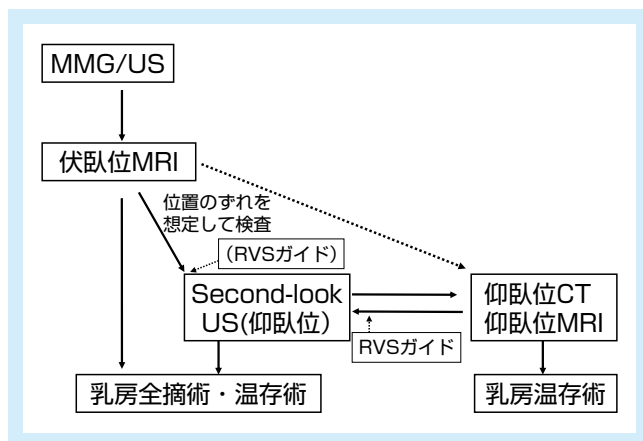


図6：手術のための乳腺画像診断

※ Real-time Virtual Sonographyは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

1) Uematsu T, et al. Comparison of magnetic resonance imaging, multidetector row computed tomography,

ultrasonography, and mammography for tumor extension of breast cancer. Breast Cancer Res Treat. 112(3) : 461-74, 2008.

2) Tozaki M, et al. Diagnosis of Tis/T1 breast cancer extent by multislice helical CT : a novel classification of tumor distribution. Radiat Med. 21(5) : 187-92, 2003.

3) Botes C, et al. Breast tumors : comparative accuracy of MR imaging relative to mammography and US for demonstrating extent. Radiology. 197 : 743-747, 1995.

4) 科学的根拠に基づく乳癌診療ガイドライン4. 検診・診断. 日本乳癌学会, 金原出版, 2008.

5) Shimauchi A, et al. Comparison of MDCT and MRI for evaluating the intraductal component of breast cancer. Am J Roentgenol. 2006;187 : 322-329.

6) LaTrenta LR, et al. Breast lesions detected with MR imaging : Utility and histopathologic importance of identification with US. Radiology, 227 : 856-861, 2003.