

# フルデジタル超音波診断装置 PowerVision™ 6000

PowerVision™ 6000 Fully Digital Ultrasound Diagnostic System

原 喜芳  
HARA Kiyoshi

近年、PHS やノートパソコンで代表される先端エレクトロニクス分野で、デジタル化による小型・高性能化が加速的に進むなか、超音波診断装置もその例外ではない。そこで、超音波ビームフォーマを含むすべての回路を最先端技術でデジタル化し、並列処理や波形形成などを高速デジタル処理することで、高分解能（時間、空間、コントラスト）、小型化を実現した。また、プレミアムな最高機種とソフトウェアのアーキテクチャの互換性を保つことにより、つねに最高級と同等のアプリケーションソフトウェアを最小コストでアップグレードすることができるハイコストパフォーマンスな超音波診断装置 PowerVision™ 6000 を開発した。

Digitization has accelerated the trend toward miniaturization and higher performance in advanced electronic devices such as portable telephones and notebook computers. Ultrasound diagnostic systems are no exception to this trend.

In the newly developed PowerVision™ 6000 fully digital ultrasound diagnostic system, all circuits, including the ultrasonic beam former, have been digitized using the most advanced manufacturing techniques. High resolution (temporal/spatial/contrast) and miniaturization are achieved by high-speed digital operation for parallel processing, waveform shaping, and so on. In addition, the PowerVision™ 6000 has excellent cost-performance because the application software can be upgraded to a level equivalent to that of the high-end system at minimum cost since software interchangeability has been maintained.

## 1 まえがき

高齢化が進むなか、悪性腫瘍（しゅよう）や虚血性心疾患の早期発見を苦痛なくかつ安全に発見し、早期治療に結びつけるのが画像診断装置の使命であることは言うまでもない。

このなかで、超音波診断装置には次のようなことが望まれている。

- (1) プローブと呼ばれる探触子を体に当てるだけで体中の断層像や血流動態を見ることができ、被検者に苦痛を与えない。
- (2) X線のように被爆することがなく、安全に検査ができる。
- (3) リアルタイム表示での診断ができるため、検査時間が短くて済む。
- (4) 小型で可搬性に富み、動けない患者に対してもベッドサイドでの診断ができる。

以上のようなことから、超音波診断装置の診断領域は図1のように年々拡大されてきており、“より速く、より優しく、そしてより正確な診断”ができるよう、さらなる革新が望まれている。

当社は、超音波ビームフォーマを含むすべての回路を最先端技術でデジタル化し、並列処理や波形形成などを高速デジタル処理することで、高分解能（時間、空間、コントラスト）を向上、維持しながら小型化および低価格化を実

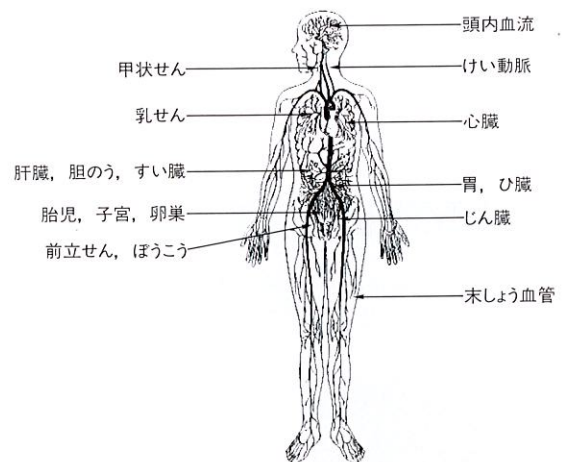


図1. 超音波診断の主な領域 最近の超音波診断装置で診断される主な領域を示す。

Ultrasound diagnostic regions

現したハイコストパフォーマンスな超音波診断装置 PowerVision™ 6000 を開発した（図2）。

## 2 特長とその対応技術

ここでは、PowerVision™ 6000 の特長とその対応技術について述べる。

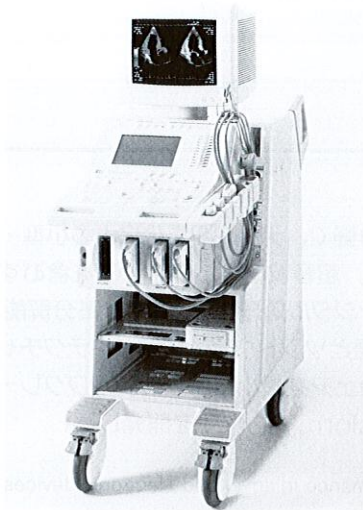


図2. フルデジタル超音波診断装置 PowerVision™ 6000 すべての回路をデジタル化し、並列処理や波形成形の高速デジタル処理で、高分解能、小型化、低価格を実現した。

PowerVision™ 6000 fully digital ultrasound diagnostic system

## 2.1 “より速く”

スピーディな診断には、自動化が不可欠である。しかし、へたな自動化は操作者をいらつかせるばかりではなく、誤診の元にもなりかねない。

PowerVision™ 6000 は、マンマシン インタフェースの基

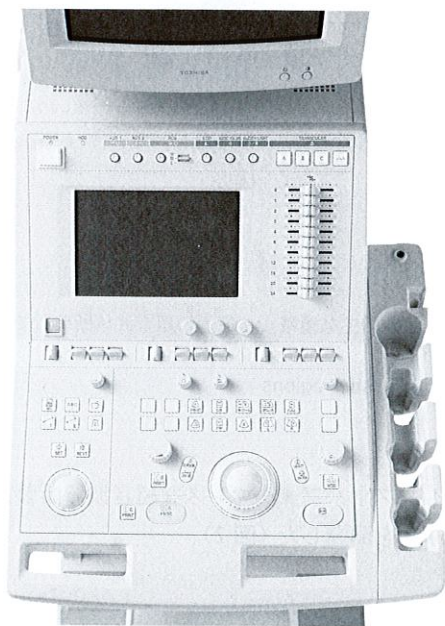


図3. 操作パネル ユーザーに合った操作性を実現できるインテリジェントパネル。

Operation panel

本に戻って、だれもが同じ操作をする（例えば、診断部位ごとに設定する項目など）基本操作を自動化し、サイトごとに異なる操作については、ユーザープログラマブル（各ユーザーが、自分自身に合った操作性をプログラムできる）が可能で、インテリジェントな操作パネルを提供し、スピーディな診断ができるようにした。

図3に PowerVision™ 6000 の操作パネルを示す。

## 2.2 “より優しく”

医用機器は、民生品（家電製品など）に比較して安全基準（IEC601-1, FDA510k など）は厳しい。それをばらつきを含めてクリアするのはメーカーの最低の義務である。これに加えて、これからの装置（医用機器に限ってはいないが）は“優しさ”が望まれる。

PowerVision™ 6000 は、このニーズに対し画像診断装置の顔である画像表示系に的を絞るべく努力をした。

超音波診断装置は、記録系にビデオやビデオプリンタを使用するため、画像表示は家庭のテレビと同じ標準テレビ方式（PAL/NTSC）を採用している。しかし、この方式は長時間見ていると画面のちらつき（フリッカ）がひどく非常に目が疲れる。ユーザーであるドクターや検査技師は毎日何時間もこの画像（テレビモニタ）を見なければならぬ。そこで、PowerVision™ 6000 は、画像表示するテレビモニタだけを通常の2倍の速度でかつノンインタレース（図4）表示し、フリッカのない、目に優しい表示を可能にした。

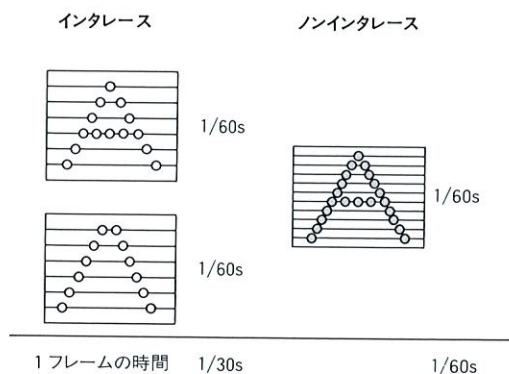


図4. インタレース/ノンインタレース ノンインタレース方式表示の採用で、フリッカのない目に優しい表示を可能とした。

Interlace/noninterlace

## 2.3 “より正確な診断”

画像診断装置でもっとも重要な性能は、感度、画質、分解能（時間、空間、コントラスト）に優れているということであり、それらを基に計測機能などのアシストを受け正確な診断をすることである。

PowerVision™ 6000 は次の先端技術によりそれらの向上を実現している。



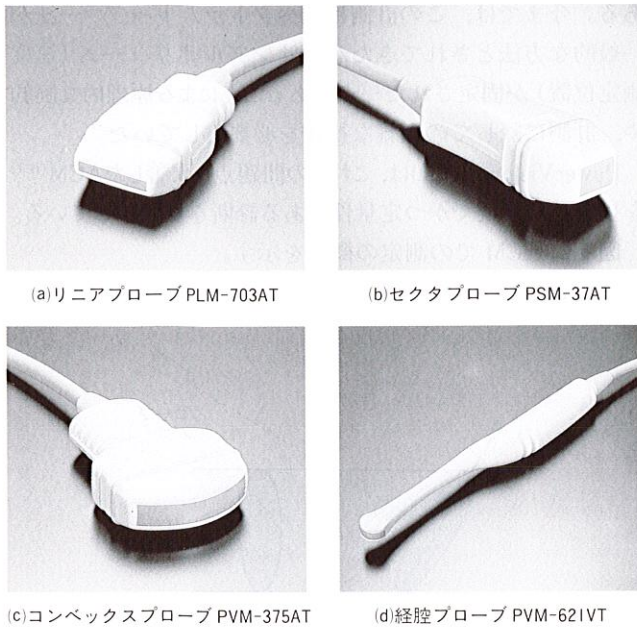


図5. プローブの外観 代表的プローブを示す。  
Probes

**2.3.1 感度** 超音波の入出力部のダイナミックレンジは感度に直結し広いほうが感度的には有利である。PowerVision™ 6000 は、そのダイナミックレンジを従来の装置に比較し4倍広くすることで、SN比（信号とノイズの比率）を改善し高感度および高コントラストを実現している。特に、プローブはその内部に当社独自の最新のエコーブースタ回路をチップ化し、それを入れることにより帯域の広い信号を取り出すことができ、感度を大幅に向上させている。

図5にプローブを示す。

**2.3.2 画質** 前述のプローブからの信号に電子フォーカスを掛けビームフォーマを作り上げる。ここでもっとも重要なのは、均一で細い超音波ビームを作ることである。

PowerVision™ 6000 は、画質を決める心臓部であるこの部分をフルデジタル化して電子フォーカスをほんとうの意味で（一画素単位）連続に掛けることができ、均一で細いビームを作り出している。デジタル化は、これまでプレミアムな大型装置でしか実現できていなかったが、最新のプロセスを用いたASIC（用途特定IC）の開発で処理速度の高速化および実装密度の高密度化により、このクラスの装置でも可能にした。

図6にビームフォーマの模式図を示す。

### 2.3.3 分解能

(1) 時間分解能 ここで言う時間分解能とは、次の二種類である。

- ①超音波画像を作るための時間（超音波フレームレート）
- ②その画像を表示するための時間（表示フレームレート）

この二種類の時間を同時に短縮することが時間分解

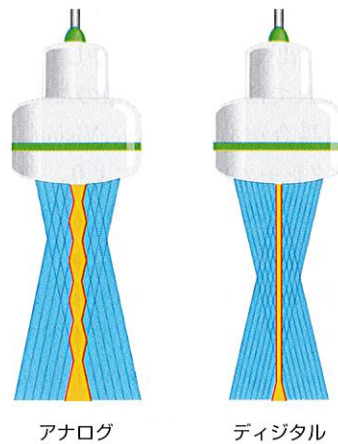


図6. ビームフォーマ 最新のASICで作り出されたデジタルビームフォーマ。

能の向上である。

PowerVision™ 6000 は、まず、超音波の画像を作るための時間を高速並列処理により約4倍（時間1/4）向上させた。その原理は、同時に4方向の超音波ビームを並列に処理し、従来の1方向での時間内に処理を終了させることで、超音波フレームレートの4倍を実現した。

並列処理の原理を図7に示す。

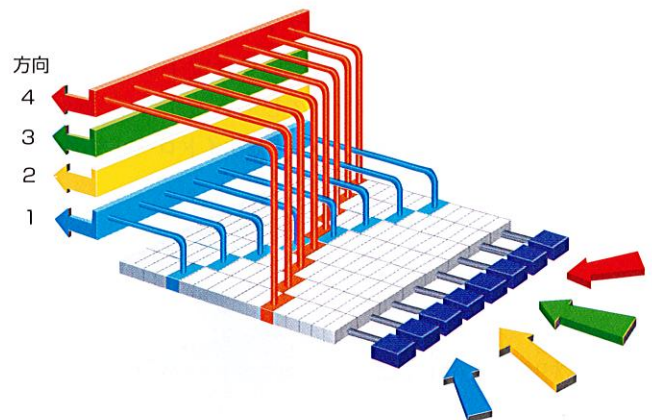


図7. 並列処理の原理 超音波信号をプローブの各素子で受信し、その信号をメモリに入れその読出しを高速処理をすることにより4方向の超音波ビームを作り出す。

Parallel processing

次に、超音波画像を表示するための表示フレームレートの向上について述べる。このフレームが向上しないとせっかく超音波フレームレートを向上させても意味がない。なぜならば、超音波フレームレートが例えば60 f/sでも表示フレームレートがビデオやビデオプリンタの規格で決まっている25 f/sまたは30 f/sだとその低いほうで決まってしまう、そのため25 f/sまたは30 f/sの画像でしか見えないことになる。これらを

解消するため、アップコンバータなどで見かけの表示画像（補間処理によって作り出す像）枚数を増やして表示することを試みたが、これではやはり補間像のため、正確な診断の妨げになる場合がある。PowerVision™ 6000では前述のノンインタレース高速表示により、超音波フレームレートをそのまま表示できるようにした。

(2) 空間分解能 どれだけ細かいものを画像としてとらえることができるかの能力である。物理現象的に高周波の超音波は空間分解能が良い代わりに、生体内での減衰が激しく感度的には不足する。PowerVision™ 6000は、この物理現象の感度と空間分解能とのトレードオフの関係をブレイクスルーさせるために、“DIO”という当社独自の技術を開発した。DIOはDigital Image Optimizerの意味で、デジタルフィルタの一種である。これもフルデジタルでしかできない技術で、所望の波形になるように逆フィルタを掛け、分解能と感度の両立を図ったものである。

(3) コントラスト分解能 識別能力のことで、超音波ビームのよしあしでその差が出るとされている。ビームのよしあしとは、メインローブ（画像を作るためのビーム）とサイドローブ（虚像の原因となるビーム）の差が大きければ大きいほど良いということである。

PowerVision™ 6000は画質のところで述べたように、メインローブの細さは連続フォーカスにより実証済みであるが、サイドローブについては電子フォーカスの遅延精度の向上でミニマイズしている。

従来のアナログ遅延と比較したサイドローブを図8に示す。

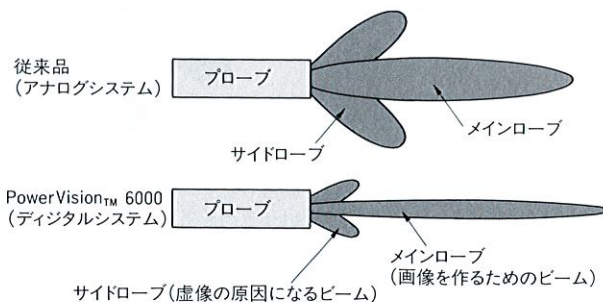


図8. サイドローブの比較 従来製品とのサイドローブの比較を示す。電子フォーカスの遅延精度の向上でサイドローブをミニマイズしている。

Side lobes

2.3.4 計測 以上、感度、画質、分解能について述べてきたが、“より正確な”の目的語は“診断”である。この診断のためには感度、画質、分解能以外に定量的な計測が大きなウエートを示す。特に、循環器領域での心拍出量で

ある。今までは、この計測はスペクトラムドップラー法が一般的な方法とされてきたが、サンプルボリューム（速度測定位置）が固定された一点であることによる原理的な制約や、計測に際しての煩雑な操作を必要としていた。

PowerVision™ 6000は、これらの問題点を改善したACM<sup>(注1)</sup>を搭載し、簡便でかつ定量性のある診断を可能としている。

図9にACMでの測定概念を示す。

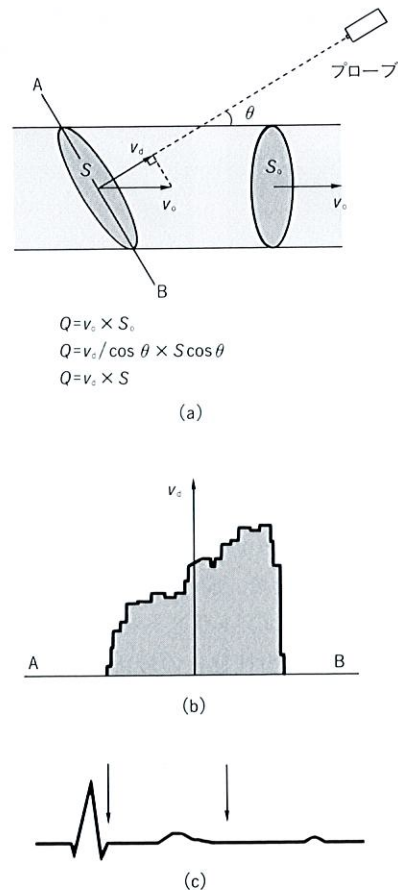


図9. ACMの概念 ACMの概念で、(a)は血管内の速度を求める方式を示しており、(b)はその速度分布を示す。この速度分布と血管の面積および時間((c)の矢印の間)により1回の拍出量を求める。

Auto cardiac flow measurement

一般的に、流量は速度と面積で定義される(図9(a))。すなわち、面積( $S_0$ )とそれに直交する速度( $V_0$ )の積で流量( $Q$ )が求まる( $Q = V_0 \times S_0$ )。

一方、超音波診断装置ではプローブのビーム方向に沿った速度( $V_d$ )が求められ、それに直交する面積( $S$ )と超音波ビームの入射角( $\theta$ )から  $V_0 = V_d / \cos \theta$ ,  $S_0 = S \times \cos \theta$  となり、 $Q = V_d / \cos \theta \times S \cos \theta = V_d \times S$  となる。

(注1) ACMは、Auto Cardiac flow Measurementの意味である。この方法は当社独自の方法で、世界の超音波学会で著名なドクターから好評を得ている。



この原理から、A-B間の速度プロファイル  $V_d$  (図9(b))とA-B間からの楕(だ)円近似からの面積(S)から瞬時流量が求められ、それを図9(c)の心電波形の収縮期(矢印間)の間を足し合わせるにより1回の拍出量が求められる。

### 3 仕様

PowerVision™ 6000の主な仕様を表1に示す。また、

表1. PowerVision™ 6000の主な仕様  
Main specifications of PowerVision™ 6000

項目	主な仕様
スキャン形態	リニアスキャン, セクタスキャン コンベックススキャン, オブリークスキャン
並列同時受信	2, 4方向
表示モード	B, M, PW, CW, CDIおよび組合せ
表示方式	ノンインタレースVGA, PAL, NTSC
画像ファイリング	MO内蔵によるファイリング
計測機能	B, M, PW, CW, CDI計測 ユーザープログラマブル計測 OB計測 計測レポート機能
CDI画像処理	Angio, Perspective, Caputure, Persistence
質量	180kg
外形寸法	幅520×高さ1,410×奥行1,030mm

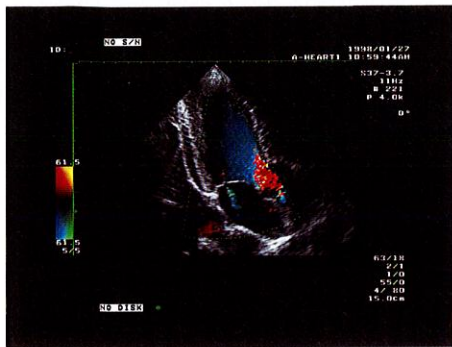


図10. 心臓の画像 微弱な僧帽弁逆流の画像を示す。  
Cardiac image

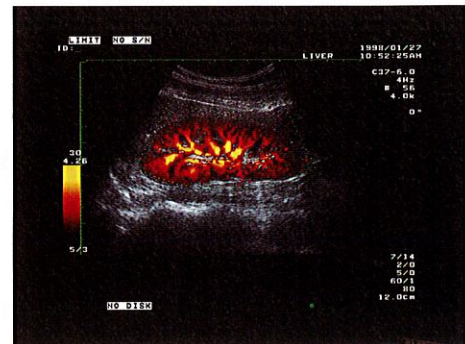


図11. じん臓の画像 健康人のじん臓の血流を示す。  
Kidney image

図10, 図11に主な画像データを示す。

### 4 あとがき

超音波診断装置は、今まで独自の発展をしてきた。しかし、これからは画像診断装置としては他のモダリティを含めた総合画像診断がニーズで、融合/淘汰(とうた)の波が押し寄せる。まずは、DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) で行われ始めている画像データのやり取りなどはその一例である。このなかで、当社は主な画像診断装置のすべてをもっており、先進的な総合診断システムを作りつつある。

技術的には、世の中(世界中)の最先端の技術をいかに早く取り入れることができるかがポイントである。今回の開発では、上記を踏まえ国内外を問わずさまざまな共同開発を実施し、いろいろなカルチャーショックを受けながらこの開発を達成した。



原 喜芳 HARA Kiyoshi

那須工場 医用機器第三技術部グループ長。  
超音波診断装置の製品開発に従事。日本超音波医学学会  
会員。  
Nasu Works