

心音図自動処理装置

慈恵医科大学 吉村 正蔵 ・ 下地 悦朗
北海道大学 阿部善右衛門
日立中研 鈴木 孝治
日立レントゲン 加藤慶次郎・常岡雅幸・塚田湧長

I はじめに

近年、医用電子機器の発達、殊にコンピューター導入による自動診断・自動計測装置の開発はめざましい。しかしながら心音図自動処理装置の研究は、心電図のそれに比べて比較的少数の報告しかみられない。その多くはスクリーニング装置の域に留まっている。

著者らは数年来、高度の心音図診断を目的として装置の開発を行って来たが、ほぼその目的を達することが出来た。

II 心音図解析の歴史

心音図の自動診断への試みは新しく、1962年に Gerbarg らは、心音を 8,000 サンプル/秒という高いレートで処理したが、現在の心音図解析法からして過度と考えられ、また医学的検討が少なく、心音は雑音より大きいという前提や、収縮期は拡張期より短い等の仮定や条件にかなりの無理があり、好成績が得られなかったといわれる。

Jacobs らの Time sample frequency analysis はいわゆるゼロクロスカウント方式により、正常と異常の判別を行う一つの雑音認識法である。本邦では船田、池谷らの報告がある。

Durnin らは、簡易型スクリーニング装置を開発した。これは心電図により第Ⅰ音、第Ⅱ音を固定し、エンベロープ検波した心音図から、収縮期雑音が一定レベルを超えるか否か、第Ⅱ音の分裂があるか否かを見、予め設定した検査心拍中の60%以上に異常が検出された時、異常と判定している。偽陽性 (false positive) が5.5%、偽陰性 (false negative) が4.8%であり、大動脈弁閉鎖不全症の逆流性雑音の判定が困難であるという。

本邦で町井らの方式は、心音固定用信号として頸動脈波を使用（最近それを心電図に変更したと云う）、ある程度の診断能力を持たせたスクリーニング装置である。頸動脈を磁気テープで遅延し、その立上りおよび切痕より第Ⅰ音、第Ⅱ音を固定し、心音の正常と異常、収縮期雑音の機能性と器質性、第Ⅱ音の分裂の性状、拡張期雑音等の有無等の判別を行い、3心拍中2心拍に同一の異常を検出した時、診断を下している。全体として約90%の適中率であるという。

著者らは、高度の自動診断を目的としてデジタル処理を主体とするハイブリッド方式の心音図解析装置を開発して来た。本方式は、大動脈弁口部 (A)、肺動脈弁口部 (P)、第3肋間胸骨左縁 (3L)、第

4 肋間胸骨左縁（4 L）および心尖部（A P X）の 5 誘導と心電図 1 誘導を同時入力し、第 I 音、第 II 音の有無、第 II 音の分裂、過剰心音の有無、雑音の形状、起始時間、周波数分布等の計測を行っている。心音図の解析結果は約 80～90% となり、ほぼ満足すべきものであった。

このハイブリッド方式の解析結果を基として、臨床レベルを目的としたアナログ方式心音図自動処理（診断）装置を開発した。今回はその臨床実験の結果、臨床用として実用化の確信が得られたので、その装置概様と診断論理および使用成績につき報告する。

Ⅱ 方法・装置

著者らの心音図自動処理装置は、図 1 に示す構成である。記録は胸壁上 5 カ所、即ち心尖部、第 2、3、4 肋間胸骨左縁、第 2 肋間胸骨右縁より加速度型ピックアップで同時誘導する。と同時に心音固定用信号として心電図第 2 誘導を用いる。被検者より入力される心音図及び心電図は、心音計測処理部で心音と心雑音が計測され、心電計測処理部では RR 間隔の測定、心音の第 I 音および第 II 音用同定信号の作成、且つ不整脈のチェックが行なわれる。計測処理された心音図は、診断部に導びかれ疾患が判別される。診断が下されると、計測値と診断結果が出力部で表示およびプリントアウトされる。計測から診断、そして結果のプリントアウトまで完全自動に行なわれ、簡単な訓練を受けた看護婦、または技師にても、モニタースコープ上の心音図に、心音、心雑音以外の外来雑音の無い事を確認し、安静呼吸停止時に処理命令押釦を押すことにより、2～3 秒で診断が下される。図 2 に心音図自動処理装置全形を示す。

心音計測処理部の処理信号は 250Hz・24dB/オクターブの高音域用の高域通過濾波器を通した 5 誘導の高音域信号（H）と、50Hz・18dB/オクターブの低音域用の高域通過濾波器を通した 3 L と A P X の低音域信号（L）および心音同定用心電図第 2 誘導の計 8 信号である。図 3 に示すように、心音はそれぞれエンベロープ検波部にてエンベロープ心音を作る。更に心音矩形波化部にて矩形波心音を作る。心音認識部では、心電図より心音同定用信号を作り

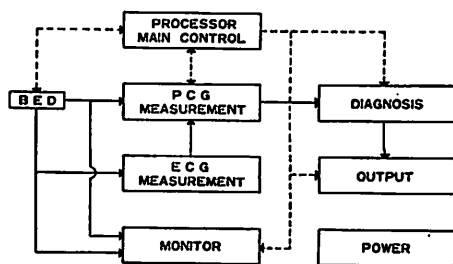


図 1 P C G AUTO-PROCESSOR BLOCK DIAGRAM.

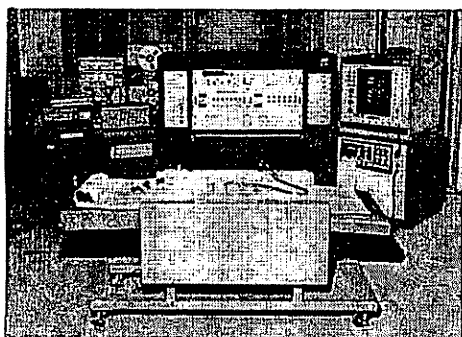


図 2 処理装置写真

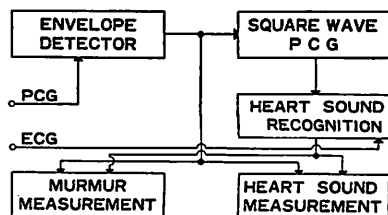


図 3 P C G MEASUREMENT PART BLOCK DIAGRAM

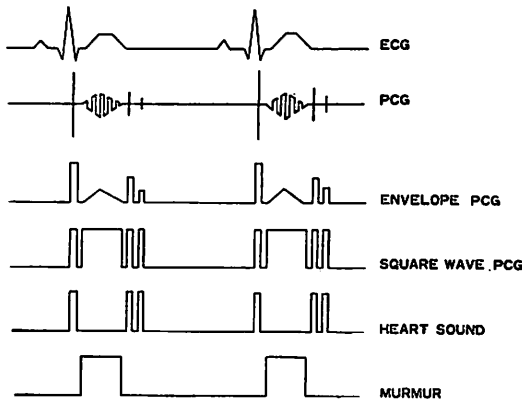


図 4 PROCESSING OF WAVE

矩形波心音と共に第Ⅰ音、第Ⅱ音および心雑音走査信号を作る。これらの信号を用いて心音、心雑音が計測される。処理波形を 図 4 に示す。即ち第Ⅰ音走査領域に於て、心尖部Lと心尖部H（または4L/H）に信号が存在すれば第Ⅰ音とした。また第Ⅱ音走査領域に於て、3L/Lと3L/H、P/H、A/Hのうち2つ以上に同時に信号が存在すれば第Ⅱ音とした。心音が同定されると、心雑音の計測に入る訳であるが100msec以上持続したものを心雑音とした。計測条件は、心電図により不整脈をチェックしながら、RR間隔の乱れない1心拍を計測する。心房細動については、最も不整の少ない心拍を計測する。

Ⅳ 診断論理

ここでは比較的多く見られる心房中隔欠損症、心室中隔欠損症、僧帽弁閉鎖不全症などの10数種の雑音を有する心疾患を対象とした。心音図の診断に用いる情報は 表 1 に示すように、雑音の有無、雑音最強部位、雑音の伝播、起始時間時続時間、強度、パターン、それに第Ⅱ音の分裂および亢進の有無等である。

本診断論理は、収縮期雑音と拡張期雑音は互に独立で、それぞれ雑音の最強部位毎に構成され、収縮期雑音の診断、拡張期雑音の診断、そして連続性雑音の診断を行う。

Ⅳ-1 収縮期雑音診断論理

収縮期に心雑音を伴う疾患としては、僧帽弁または三尖弁の閉鎖不全症があり、大動脈弁または肺動脈弁の狭窄がある。また心房中隔欠損症、心室中隔欠損症に於ても同様に収縮期雑音が発生する。これ以外に機能性雑音があり、このために運動を禁止されている学童が比較的多いと云われ、特にその鑑別は重要となる。従って下記に述べる診断

表 1

P.C.G. INFORMATIONS OF DIAGNOSIS

- (1) EXISTENCE OF MURMUR
- (2) MAX. POINT OF MURMUR
- (3) TRANSMISSION OF MURMUR
- (4) BEGINNING OF MURMUR
- (5) DURATION OF MURMUR
- (6) INTENSITY OF MURMUR
- (7) PATTERN OF MURMUR
- (8) SPLITTING OF II - SOUND
- (9) II_r / II_a

表 2 DIAGNOSIS OF SYSTOLIC MURMUR APX. MAX. POINT

INT	Dm	Q-MB	DIAGNOSIS
$<\beta_1 \leq \beta_2 \leq$	$<\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq$	$<0.16 \leq$	
	○	○	M I
○		○	M I
○		○	M I ?
○	○	○	F
○		○	F
○		○	INDET
		○	LATE SM or COARCT

INT : INTENSITY OF MURMUR
 Dm : DURATION OF MURMUR / SYSTOL EINTERVAL
 INDET : INDETERMINED
 Q-MB : INTERVAL BETWEEN Q WAVE AND BEGINNING OF MURMUR

論理を開発した。

収縮期雑音の診断論理は、最強雑音部位 (MAX POINT)、雑音強度 (INT)、収縮期に対する雑音の持続率 (Dm)、第Ⅱ音分裂の有無 (Ⅱs-splitting)、第Ⅱ音の亢進 (ⅡP/ⅡA) および雑音の起始時間 (Q-MB) の情報を中心としている。

(a) APX MAX POINT

診断論理の一例として、心尖部に於て収縮期雑音が最強である場合を表 2 に示す。

ここでは雑音強度と雑音持続率により、僧帽弁閉鎖不全症および機能性雑音の診断を行う。

他の誘導に雑音の最強点が存在した場合にも共通であるが、雑音強度が非常に弱いにも拘らず、全収縮性雑音がありと計測した場合には、基線のノイズ、または外来の雑音を心雑音としている可能性が強いので、再計測 (INDET) を指示している。また雑音起始時間 (Q-MB) が 0.16 秒より長い場合は、晩期収縮期雑音もしくは大動脈縮窄症と診断する。

(b) 4L MAX POINT

雑音強度、雑音持続率、第Ⅱ音の分裂の有無および亢進の有無により、心房中隔欠損症、心室中隔欠損症、肺動脈弁狭窄症および機能性雑音の診断を行なう。

(c) 3L MAX POINT

雑音強度、雑音持続率、第Ⅱ音の分裂の有無および亢進の有無により、心房中隔欠損症、心室中隔欠損症および機能性雑音の診断を行なう。

(d) P MAX POINT

雑音強度、雑音持続率、第Ⅱ音の分裂の有無および亢進の有無により、心房中隔欠損症、肺動脈弁狭窄症および機能性雑音を診断する。

(e) A MAX POINT

雑音強度、雑音持続率および拡張期雑音の診断より大動脈弁閉鎖不全症の有無により、大動脈弁狭窄症、相対的大動脈弁狭窄症および機能性雑音の診断を行なう。

Ⅳ-2 連続性雑音診断論理

心雑音が収縮期と拡張期に存在する疾患は、動脈管開存症である。この診断には、最強雑音部位 (3L または P)、収縮期および拡張期の心雑音のパターン、それに雑音強度の情報を用いる。

Ⅳ-3 拡張期雑音診断論理

拡張期雑音は、殆んど全てが器質性雑音であり、また発生因からして異常を有する弁、および血流の方向によって雑音の最強点は変り、更に胸壁と心臓および大動脈弁、肺動脈弁、三尖弁、僧帽弁等の相対的な位置関係によって最強点は変るので、かなり広い様々な胸壁上の雑音分布を呈する。これらの検討結果を基に拡張期雑音診断論理を開発した。

(a) APX/L

心尖部に最強点を有する疾患としては、50Hz 付近の低周波拡張期雑音を呈する僧帽弁狭窄症、三尖弁狭窄

症があり、高周波成分として稀に大動脈弁閉鎖不全症があるが、ここでは一般的に存在する僧帽弁狭窄症を扱った。即ちランブルの有無により診断する。

(b) 4L MAX POINT

僧帽弁狭窄症の有無および雑音の持続時間を用いて、相対的僧帽弁閉鎖不全症およびその疑い、大動脈弁閉鎖不全症または軽症僧帽弁閉鎖不全症、および三尖弁狭窄の疑いを診断する。

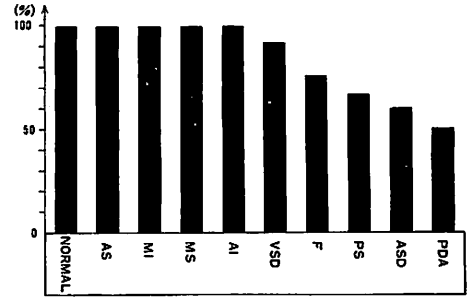


図 5 CORRECT DIAGNOSIS

(c) 3L MAX POINT

大動脈弁閉鎖不全症とその疑いを、雑音の持続時間により診断する。

(d) P MAX POINT

雑音の持続が長い場合は、僧帽弁閉鎖不全症を疑い、次に大動脈弁閉鎖不全症の疑いがかけてある。

(e) A MAX POINT

大動脈弁閉鎖不全症の診断を行なう。

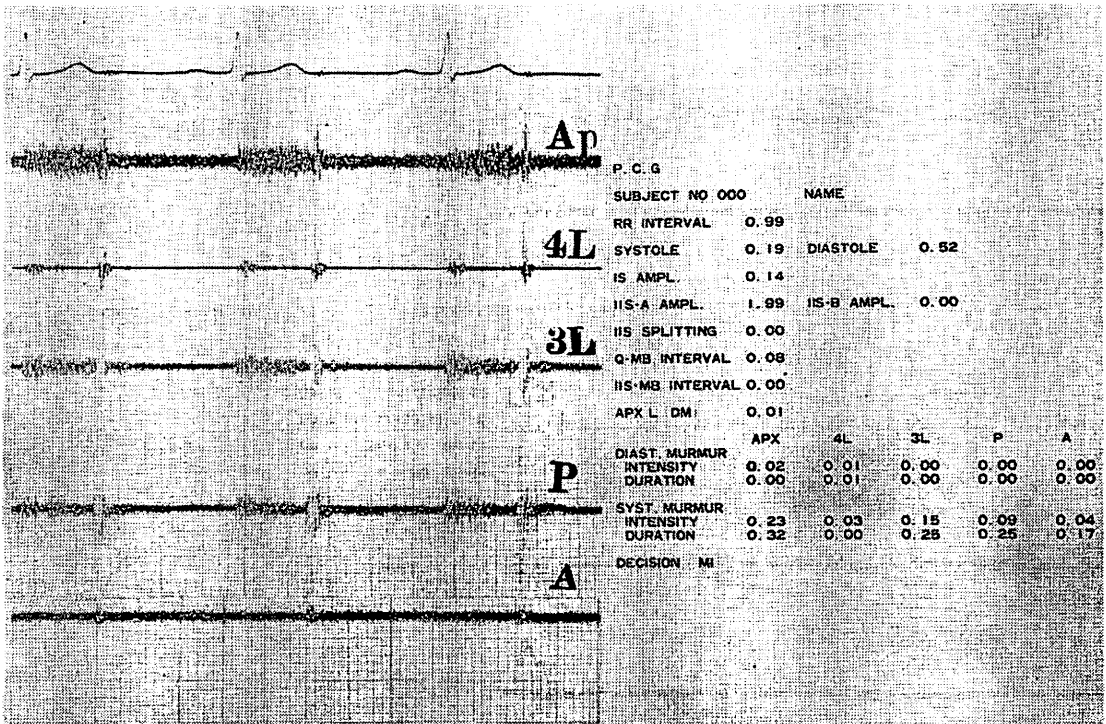
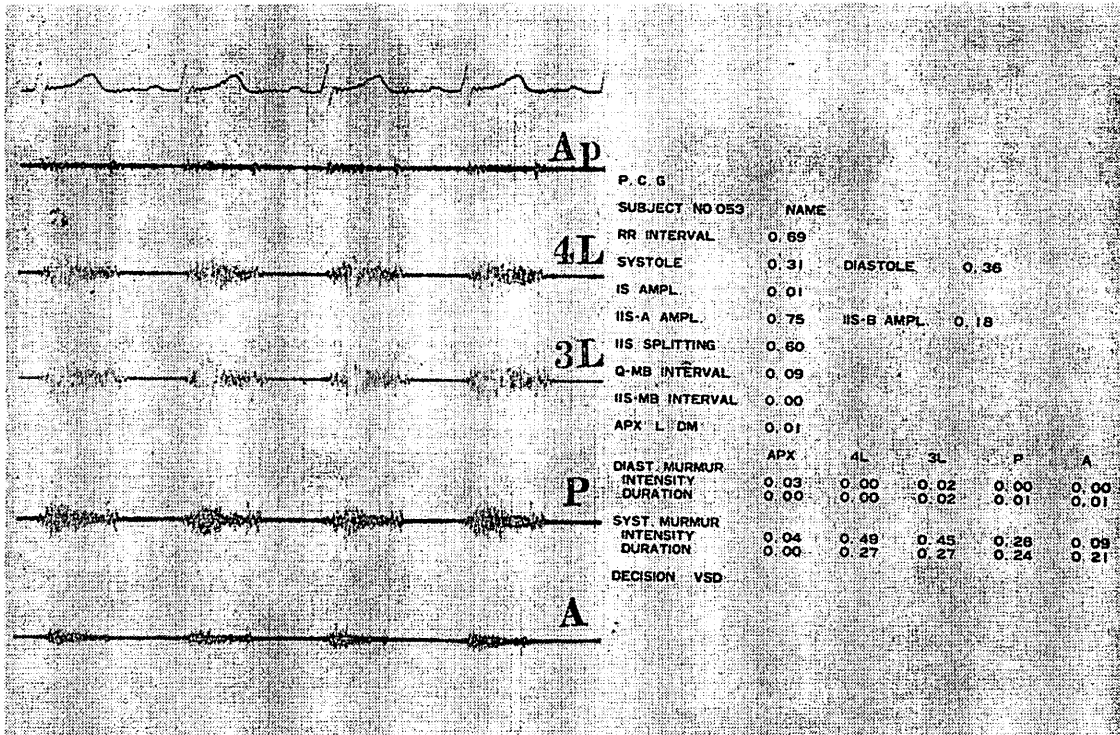
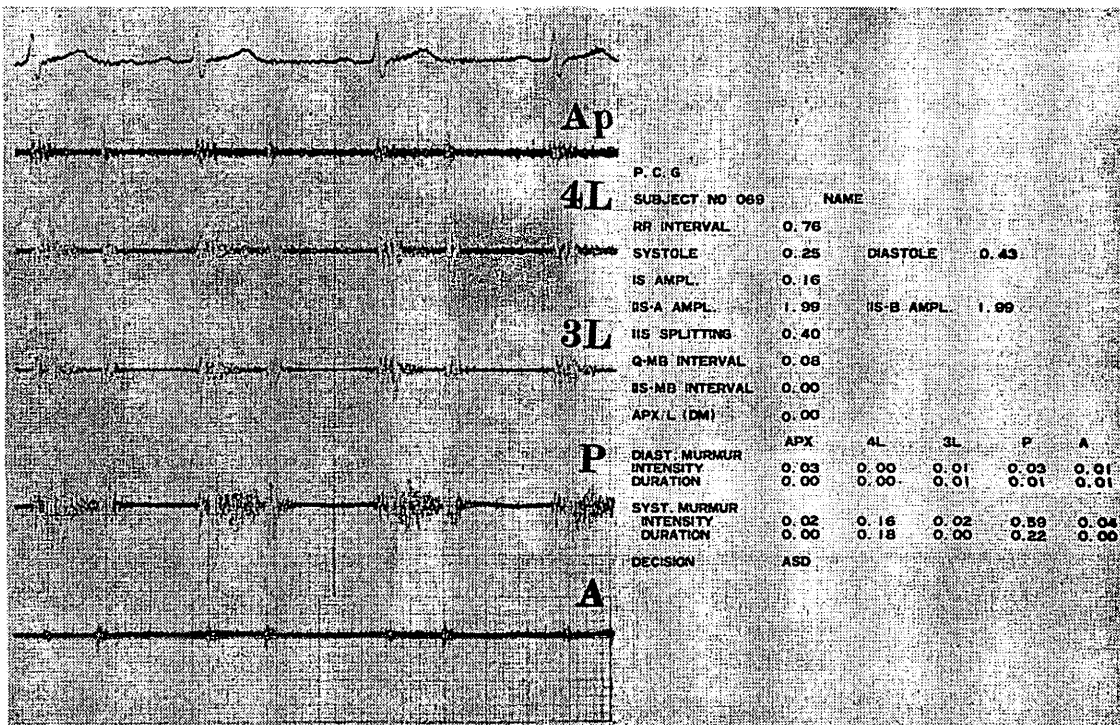


図 6



☒ 7



☒ 8

V 成 績

今回は、学童の集団検診及び一部外来患者のレコーダーに収録したデータにより行なった。正常、機能的雑音、心房中隔欠損症、心室中隔欠損症および僧帽弁狭窄症以外は、症例が少なかったので参考としてグラフに掲げた(図5)。

このグラフでは、一見機能的雑音の診断率が悪いようであるが、非常に弱い機能的雑音を正常と診断したため、この分を正解の中に入れると、約93%の診断率である。図6～8に僧帽弁閉鎖不全症、心室中隔欠損症、心房中隔欠損症の自動処理した結果を示す。

誤診をした原因を分析すると3つの要素が上げられる。

1. 第II音に関するもの
2. 非常に弱い収縮期雑音
3. レコーディングエラー

第II音に関しては現在、A、P、3Lで同時に第II音の分裂を認識させているが、第II音が不明瞭になり易いAを除き、Pと3Lで計測する事により充分に第II音の計測が可能である事を確認した。非常に弱い収縮期雑音に関しては、機能的雑音が正常と診断された場合であった。レコーディングミスは、不十分なゲインで動脈管開存症が録音されたため、晚期収縮期雑音もしくは大動脈縮窄症と診断されたもので、ゲインを補正すると正しく診断された。

VI 結 論

これらの結果を総合的に検討すると約85%の診断率を示した。従って一般臨床用心音図自動処理装置として充分実用化されている。

現在の装置は、僧帽弁狭窄症および動脈管開存症は独立して診断がなされ、他は収縮期雑音および拡張期雑音を有する疾患をそれぞれ一つしか診断出来ない。そこで将来は、より高度な連合弁膜症の診断が出来る様、進める積りである。

心音図自動診断は現在、日進月歩の発展をしている。本稿で使用したアナログ処理装置は融通が効かず不利である。従って我々はこの装置をシミュレートした小型汎用デジタル計算器を組み込んだ、心音図自動処理装置を開発した。これについては後に報告する。

第 1 席 討 論

堀越(松代病院内科) 使用したフィルタの特性と胸壁上のマイクの数は?

演者 マイクは5カ所に装着、フィルタは50Hz/18dB(心音とランブル用)と250Hz/24dBの2種です。

堀越 低音と高音を混ぜてテープに録音する場合、そのままでは低音領域に比して高音が小さくなりすぎないですか?

演者 あらかじめ強度が等しくなるように校正してあります。

堀越 診断ロジックが簡単すぎ、卒直にいった心臓病専門医が診断する病名が揃えられていないようですが?

下地(慈大) 現在、複雑な合併奇型、たとえばVSD+PSなどについては、まだロジックを組み込んでいません。今のところ一つの病名診断しか出

来ないが、それ以上のことは将来の問題であると
考えています。

町井（三井記念病院） 1）5カ所の心音のそ
れぞれ10種以上の測定をもとにして診断論理を組
むと、その組合せは膨大なものになると思いま
すが？ 2）1心拍だけの分析では呼吸性分裂など
についての診断が不確かになりませんか？

演者 診断の組合せは最強点についてです。ど
こに最強点があったかということを出発点として
作っています。

町井 私の考えでは、アナログ形式のものは、
むしろ論理を簡単にしてスクリーニング専用とす

るとよいと思います。病院などに設置するもの
—アナログでもデジタルでもどちらでもよいが—
そういうものは最終診断にいたるよりも、心音
のパターンを正確に掴む、そしてそのパターンか
ら考えられる診断を、確率の高い順番に指示す
る、そういう形式のものがよいのではないかと思
います。ASDとかVSDなどという、7ツか8
ツの病名をあてる位なら、医学部の学生でも十分
であると思いますがどうですか。

演者 現在はそのようなことも考慮して、小型
の搬用コンピュータでやっています。