

空間位相心音図に関する 研究

一心音情報の胸壁面分布のディスプレイ
について—

Topological phonocardiogram : Computer-aided mapping of cardiophonic intensity on the chest surface

林 隆一
古川 俊之
仁村 泰治
阿部 裕

Ryuichi HAYASHI
Toshiyuki FURUKAWA
Yasuharu NIMURA
Hiroshi ABE

Summary

The contour line maps of cardiophonic intensity on the chest surface were constructed by a XY-plotter. The method of display was nominated as topological phonocardiogram (topological PCG). In this study, the maximum amplitudes of the 1st and the 2nd heart sounds and murmurs at 98 points on the chest wall were measured manually, and the values of each neighboring point (about 2500 points) were calculated respectively due to the method of moving averages. The data were stored in a computer and then, the straight line segments which contour lines crossed on the chest matrix were searched automatically in succession. The topological PCG was drawn in less than a few minutes by a XY-plotter. The clinical and physiological applications were tried on normal subjects and patients with heart murmurs. It was demonstrated that the topological PCG almost corresponded with that observed in traditional stethoscopic auscultation and that the intensity and propagation of cardiovascular sounds and murmurs could be made clear objectively.

Key words

phonocardiogram
computer diagnosis
heart auscultation
medical information processing

大阪大学医学部第一内科
大阪市福島区堂島浜通3 (〒553)

The First Department of Internal Medicine,
Osaka University Medical School, 3 Dojima-
hama-dori, Fukushima-ku, Osaka, 553

はじめに

臨床医学において客観データの収集は、正確な診断を導くための不可欠の手段であり、生体情報の計測がきわめて重要なゆえんである。

これは循環器疾患の診断過程にも当てはまることで、なかでも心音・心雑音は重要な情報の1つとされ、音源探知あるいは伝播特性を解析するために、胸壁面におけるそれらの最強点、放散性および分布領域の記録が必要である。ところが、従来の心音図利用は時系列的パターン認識に頼っており、また計算機処理の場合にもその域を出るものは非常に少ない。本研究では、心音エネルギーの空間位相分布図を作成し、従来医師が聴診器を用いて主観的に認識していた強度分布を、計量的かつ客観的に表示するための方式を開発せんとした。このような発想は、従来、計算量が膨大なためほとんど省みられなかったが、今日のコンピュータ水準では比較的容易に達成できる医学情報処理の新たな方法と考えられる。

これには、hardおよびsoft wareの開発が必要であるが、今回は心音の空間位相分布図 (topological PCG) の包絡線を自動的に作図するためのプログラムを完成したので報告する。

方法

被検者として健常成人、僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症および心室中隔欠損症の患者を用いたが、各人の体型に応じて、胸壁面に 84 (6×14) ないし 98 (7×14) のマトリックスを設定し (Figure 1)、各々の観測点において記録した心音図波形の I 音、II 音および心雑音の最大振幅を計測する。次に、マトリックスの網目の間隔の細分割をはかるため、実測値について近接 4 点の移動平均を反復し、結局、最初のマトリックスを 8 等分し、網目の間隔として 2～3 mm のものを想定する。

使用した心音計は、フクダ電子製 AC-31 SS 型 (3 チャンネル) で、これに付属する high pass filter の周波数特性は、遮断周波数、傾斜および感度差がそれぞれ、L : 50 Hz, 18 dB/oct, -32 dB, M : 150 Hz, 24 dB/oct, -16 dB, H : 300

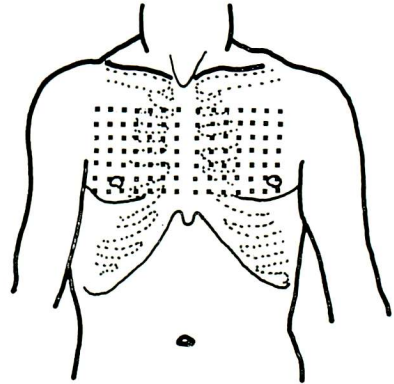


Figure 1. Matrix used for microphone placement for recording 98 points over the chest surface

Hz, 24 dB/oct, 0 dB, E : 300 Hz, 12 dB/oct, -16 dB である。変換器としては同心音計に付属する接触型マイクロホン (フクダ電子製 PA-71) を使用した。

また、増幅利得は心音・心雑音の最強点においても記録紙からはみ出さない程度とし、そのようにして設定した増幅利得は、同一被検者については最後まで一定値に固定した。

記録には電磁オシログラフを使用し、その紙送り速度は 50 mm/秒、参考誘導として心電図第 2 誘導を用いた。

なお、測定はいずれも隔離した静かな部屋で、被検者を仰臥位とし、呼気時に軽く呼吸を停止せしめ、さらに胸壁面に加わる圧が可及的一定となるようにマイクロホンを支持した。

計算処理に使用したコンピュータは NEAC 2200 (モデル 700) および HITAC 10; XYプロッタは N244A-1 である。

Topological PCG 自動作図のプログラム

三次元関数の容姿を知る方法にはいろいろあるが、ここでは、等強度線図に表現する方法について述べ、心音エネルギーの胸壁面における強度分布の作図法を紹介する¹⁾。

一般に、等強度線は三次元関数 $z=f(x,y)$ を種

$$A_{2j}^{2i+1} = \frac{1}{4} (A_{2j-1}^{2i+1} + A_{2j+1}^{2i+1} + A_{2j}^{2i} + A_{2j}^{2i+2}) \quad (i=1 \cdots 11, j=1 \cdots 26)$$

最後に, 各網目の対角線の交点の値は,

$$G_j^i = \frac{1}{4} (A_j^i + A_j^{i+1} + A_{j+1}^i + A_{j+1}^{i+1}) \quad (i=1 \cdots 24, j=1 \cdots 52)$$

となる. そして, 網目の交点には Figure 2 の如く番号をつける.

そこで, 最大振幅が $r(k)$ である等強度線を表示するためには, まず網目の隣り合う分割点によってできる線分の中で, $r(k)$ と交差するものを全て選出し, これらをその両点の番号をつかってコンピュータの記憶装置に登録する. この際, 便宜上番号の小さい方を N_1 , 大きい方を N_2 とする.

そして, 各々の線分のグループを全て登録したならば, まず領域の境界と交わる曲線から作図を開始する. それにはすでに登録した (N_1, N_2) の組が境界上の線分であるか否かを調べる必要があり, そうであればそこを曲線の始点として, 引き続いてその曲線がつぎに通過する線分を順次探し出すわけであるが, その方法は以下のように考えられる.

現在の線分が (N_1, N_2) にあるとき, 次に通るべき新しい線分の組は, N_1, N_2 の最近接2点を N_3, N_4 とすると, $(N_1, N_3), (N_1, N_4), (N_2, N_3), (N_2, N_4)$ の4つのうちいずれかである. そして, (N_1, N_2) が領域の境界と平行か否かによって次の2通りの場合を考慮する必要がある²⁾.

① (N_1, N_2) が境界と平行のとき, すなわち $N_1 < N_2 \leq m \times n$

$$\begin{aligned} \text{まず} \quad i_1 &= [(N_1 - 1) / m] + 1 \\ i_2 &= [(N_2 - 1) / m] + 1 \\ j_1 &= N_1 - (i_1 - 1) \times m \\ j_2 &= N_2 - (i_2 - 1) \times m \end{aligned}$$

を計算する.

(i) $i_1 = i_2$ のとき, すなわち N_1 が N_2 同一行にあるとき,

$$\begin{aligned} N_3 &= m \times n + (i_1 - 2)(m - 1) + j_1 \\ N_4 &= N_3 + (m - 1) \end{aligned}$$

(ii) $j_1 = j_2$ のとき, すなわち N_1 と N_2 が同一列にあるとき

$$\begin{aligned} N_3 &= m \times n + (i_1 - 1)(m - 1) + j_1 - 1 \\ N_4 &= N_3 + 1 \end{aligned}$$

となる.

② (N_1, N_2) が対角線上にあるとき, すなわち $N_1 \leq m \times n < N_2$

$$\begin{aligned} \text{まず} \quad i_1 &= [N_1 - 1] / m + 1 \\ i_2 &= [N_2 - m \times n - 1] / (m - 1) + 1 \\ j_1 &= N_1 - (i_1 - 1) \times m \\ j_2 &= N_2 - m \times n - (i_2 - 1)(m - 1) \end{aligned}$$

を計算する.

対角線としては4通り存在するため

(i) $i_1 = i_2 + 1, j_1 = j_2$ のとき

$$\begin{aligned} N_3 &= (i_2 - 1) \times m + j_2 \\ N_4 &= N_3 + m + 1 \end{aligned}$$

(ii) $i_1 = i_2, j_1 = j_2$ のとき

$$\begin{aligned} N_3 &= (i_2 - 1) \times m + j_2 + 1 \\ N_4 &= N_3 + m - 1 \end{aligned}$$

(iii) $i_1 = i_2, j_1 = j_2 + 1$ のとき

$$\begin{aligned} N_3 &= (i_2 - 1) \times m + j_2 \\ N_4 &= N_3 + m + 1 \end{aligned}$$

(iv) $i_1 = i_2 + 1, j_1 = j_2 + 1$ のとき

$$\begin{aligned} N_3 &= (i_2 - 1) \times m + j_2 + 1 \\ N_4 &= N_3 + m - 1 \end{aligned}$$

となる. ただし [] はガウス記号.

このようにして, 登録した線分のグループの中から次に通るべき $(N_1, N_3), (N_1, N_4), (N_2, N_3), (N_2, N_4)$ を探し出して曲線を完成させてゆくのであるが, このさい, 一度選出した (N_1, N_2) は線分のグループから消去しておけば, 次に通るべき線分は常に1本だけとなり, 同じ線分が2度かかなくて選出されるようなことは起こらない. そして, 線分が再び境界線上にくればその曲線は完成したことになる. 以下同様に, 登録した線分のグループの中に境界上の線分があるか否かを調べれば上述と同じ手順で曲線を完成させる. しかし, 境界上の線分として登録したものが線分のグ

ループの中から見つからなければ、残っている線分のグループは全て領域内で閉じた曲線となるはずであるから、任意に選出された線分(N_1, N_2)を始点として上述のように等強度線を完成させればよい。そして、この場合のように曲線の始点と終点を一致させなければならないときは、始点の(N_1, N_2)だけは消去せずに、記憶させておき、この(N_1, N_2)の再選出をもって閉曲線の完成とみなすのである (Figure 3)。

残るすべての線分のグループについて、同じ手

順を繰り返すことにより求める等強度線図が得られるのであるが、実際に作図する場合に留意しておかねばならないことは、われわれはノイズの多い情報を扱っている点である。すなわち、理論的に得られる等強度線は閉じた曲線かあるいは境界から境界に連なる曲線のいずれかのはずであるが、実際には不連続の曲線もかなり存在するので、この点も考慮に入れてプログラムを組む必要がある。

等強度線図表示のプログラムおよびXYプロッタによる自動作図のフローチャートを Figure 4, 5に示す。

** TOPOLOGICAL REPRESENTATION OF HEART SOUNDS **

ENOMOTO MASARU

30 M VSD SM

** THE 4TH HEIGHT **

N1= 877	N2= 2186	X= 57.5	Y= 33.5
N1= 877	N2= 930	X= 57.0	Y= 34.0
N1= 877	N2= 2185	X= 56.5	Y= 33.5
N1= 876	N2= 877	X= 56.0	Y= 33.0
N1= 877	N2= 2133	X= 56.5	Y= 32.5
N1= 824	N2= 877	X= 57.0	Y= 32.0
N1= 877	N2= 2134	X= 57.5	Y= 32.5
N1= 877	N2= 878	X= 58.0	Y= 33.0
N1= 877	N2= 2186	X= 57.5	Y= 33.5
N1= 718	N2= 2030	X= 57.5	Y= 27.5
N1= 718	N2= 771	X= 57.0	Y= 28.0
N1= 718	N2= 2029	X= 56.5	Y= 27.5
N1= 717	N2= 718	X= 56.0	Y= 27.0
N1= 717	N2= 1977	X= 55.5	Y= 26.5
N1= 664	N2= 1977	X= 55.5	Y= 25.5
N1= 664	N2= 665	X= 56.0	Y= 25.0
N1= 664	N2= 1925	X= 55.5	Y= 24.5
N1= 611	N2= 664	X= 55.0	Y= 24.0
N1= 611	N2= 1924	X= 54.5	Y= 23.5
N1= 610	N2= 611	X= 54.0	Y= 23.0
N1= 611	N2= 1872	X= 54.5	Y= 22.5
N1= 558	N2= 1872	X= 54.5	Y= 21.5
N1= 557	N2= 558	X= 54.0	Y= 21.0

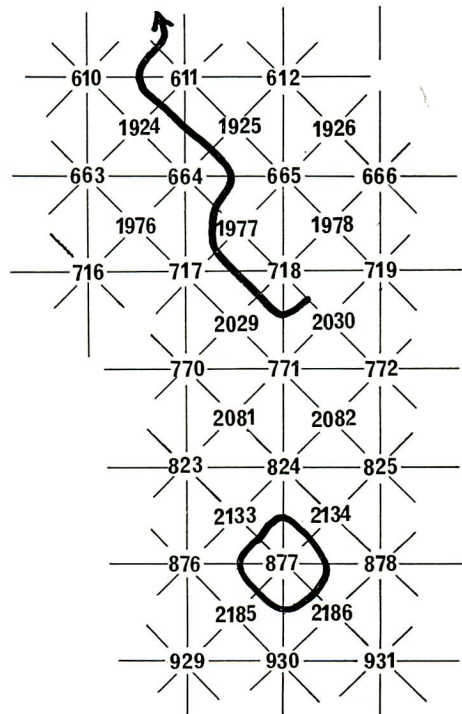


Figure 3. Illustration of the computer output, showing the numbers (N_1, N_2) designating positions on the matrix and the values (X, Y) of the X and Y axes, respectively (left). The contour line maps were schematized (right).

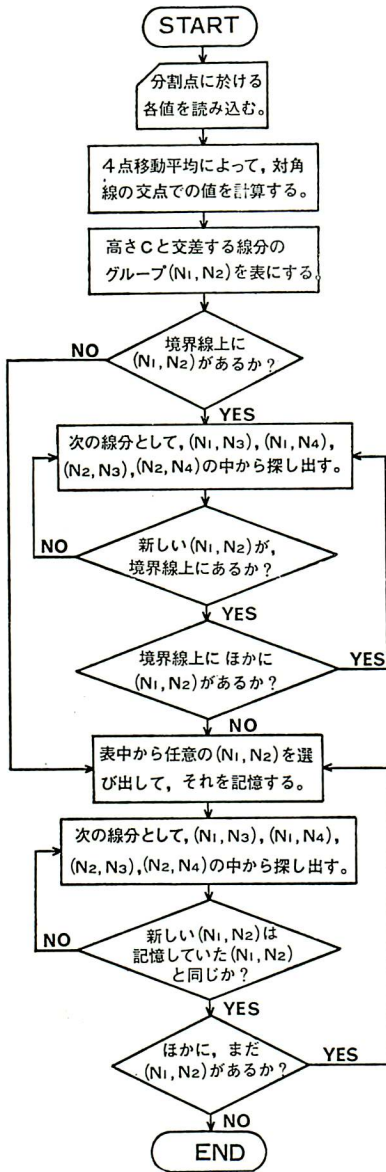
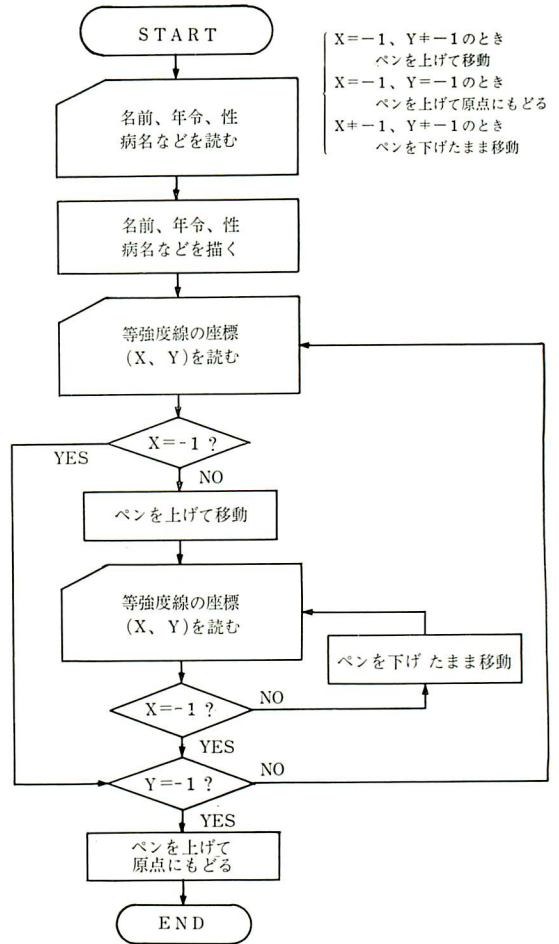


Figure 4. Flow diagram of the program for drawing the contour line maps automatically by the computer



X = -1, Y ≠ -1 のとき
ペンを上げて移動
X = -1, Y = -1 のとき
ペンを上げて原点にもどる
X ≠ -1, Y ≠ -1 のとき
ペンを下げたまま移動

Figure 5. Flow diagram of the program for the automatic construction by the XY plotter

Topological PCG の CRT ディスプレイ

上述の胸壁面データマトリックスをそれぞれ輝度の強弱に変換して、CRT 上に表示する方法である。装置のブロックダイアグラムは Figure 6 に示した。

まず、胸壁面 98 コの観測点において記録された心音・心雑音の最大振幅から、近接 4 点の移動平均を反復することにより、周辺の最大振幅の値を推定し、1325 (25×53) のデータマトリックスを想定する、そして各々の値を輝度の強弱に変換し

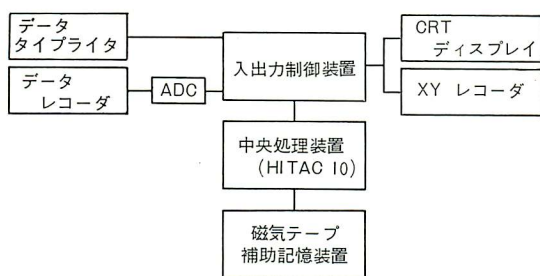


Figure 6. Block diagram of computer used to present topological phonocardiogram on the cathode ray tube

て、二次元あるいは三次元座標に表示する。

さらに、画像処理における像の尖鋭化を応用することにより、心音・心雑音の強度分布を等強度帯として表示することも可能である。

通常、積分あるいは平均化の操作によって画像が平滑化され、かつぼやけるのは周知の事柄であり、従って、ぼやけをとる自然な方法は微分操作を行なうことである。

アナログ画像の場合には、濃淡レベルがもっとも急激に変化する方向に導関数を求め、この最大方向微係数

$$\sqrt{(\partial f/\partial x)^2 + (\partial f/\partial y)^2}$$

を計算するのに対し、デジタル画像では微分を差分で近似して

$$\sqrt{(A_j^{i+1} - A_j^i)^2 + (A_{j+1}^i - A_j^i)^2}$$

を計算しても大差ない³⁾。

検討と結語

自動作図の妥当性を検討するため、用手的に作図した topological PCG との比較を試みた。

1 例として、僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症と心室中隔欠損症の症例について、I 音、II 音および収縮期雑音の胸壁面強度分布図を用手的に作製した。すなわち、胸壁面 98 コの観測点において記録した心音図の I 音、II 音および収縮期雑音の最大振幅を計測し、周辺の値については比例配分法により推定した (Figure 7, 8)。

また、心臓の形や胸廓は胸部レ線正面像を参考にして、topological PCG の縮尺に合致するよう縮小してある。

得られた空間分布図は、心音・心雑音の振幅の胸壁面分布図であり、実際の心音強度が周波数の 2 乗と振幅の 2 乗に比例するものであることを考慮すると厳密には心音・心雑音の強度分布図とは言い難いが、実際の聴診所見ともほぼ一致し、心音・心雑音の最強点や伝播方向などを直観的に識別できることが判明した。

従来、心音図研究において心音強度の胸壁面分布の臨床的あるいは基礎的意義は認識されており hardware からアプローチした報告は比較的多いが^{4)~9)}、いずれもその情報量が多量に冗大であるため実用にほど遠いものであった。実際、われわれが用手的に作製した topological PCG もたった 1 枚の作図に 6~8 時間を要した。

しかし、このように膨大な心音情報の処理も、今日のコンピュータ水準では比較的容易に達成でき、XYプロッタによる自動作図に要した時間はわずかに 3 分弱であり、しかもそのパターンを比較しても決して遜色が見られず実際の聴診所見を十分反映しているものと考えられる (Figure 9, 10)。

さらに心音・心雑音の胸壁面強度分布を CRT に表示する装置も導入したが、これにより心音情報の二次元表示のみならず三次元表示も可能となった (Figure 11)。また、データマトリックスの平面差分により空間分布図を等強度帯としてより鮮明に理解することもできる (Figure 12)。

このような研究の成果を実際の臨床に応用するためには、心音・心雑音の最大振幅、強度あるいは音圧などを自動的に計測するための hardware 開発の必要なことはすでに述べたが、topological PCG を自動的に作図するプログラムの完成により心音・心雑音の強度分布、伝播方向などを客観的に認識することが可能となった。これは、キャラクター表示の応用にすぎない従来の等高線表示のサブルーチンプログラムと、発想において全く異なるものであり、広く画像情報処理に寄与するところ大と考えられる。これにより心音の診断的

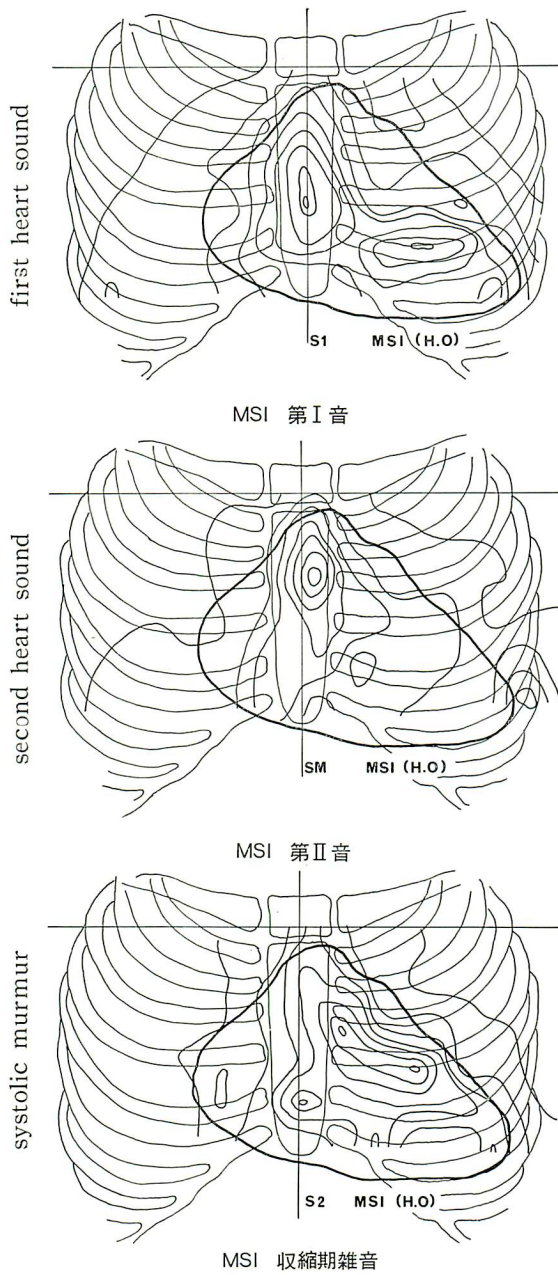


Figure 7. 20-year-old female with mitral stenosis insufficiency

The surface contour line maps were calculated by the computer and drawn manually.

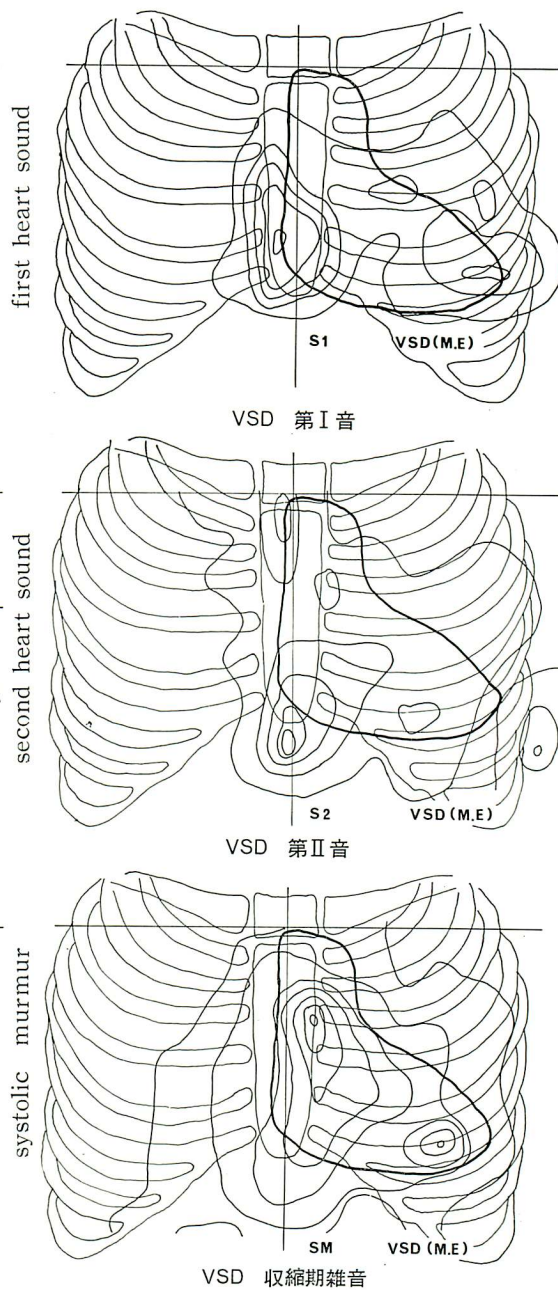


Figure 8. 30-year-old male with ventricular septal defect

The surface contour line maps were calculated by the computer and drawn manually.

価値もさらに増大するものと考えられるが、臨床的意義を確立するためには多数の実例についての検証

が必要である。

末尾に筆者らが開発した topological PCG の

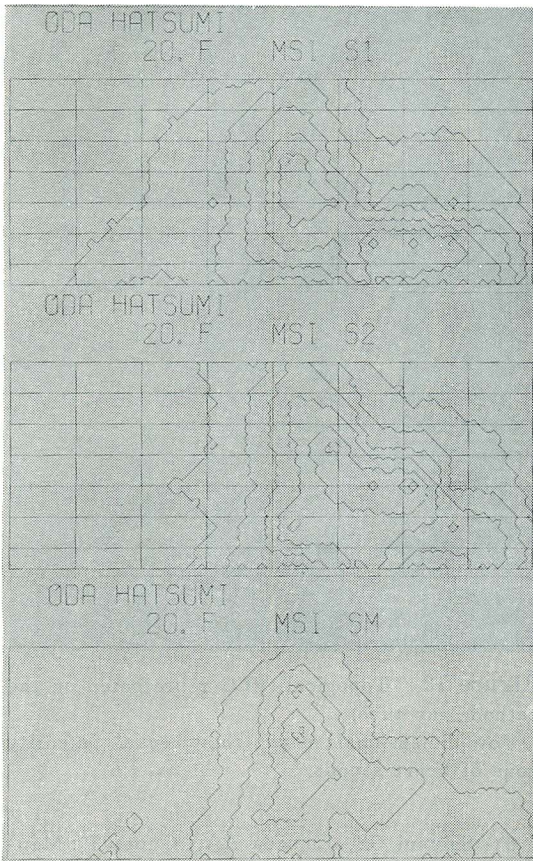


Figure 9. 20-year-old female with mitral stenosis

Contour line maps produced by the X Y plotter. The surface maps were calculated by the computer and then plotted to connect lines of equal intensity of heart sounds.

自動作図プログラムを示す。

要 約

心音・心雑音の胸壁面における強度分布 (topological PCG) を計量的に表示するための方式を開発せんとした。すなわち、98 (7×14) の観測点にて記録した各々の心音図から、I音、II音および心雑音の最大振幅を計測したのち、近接4点の移動平均を反復することにより、胸壁面を1325 (25×53) のマトリックスに細分割し、さら

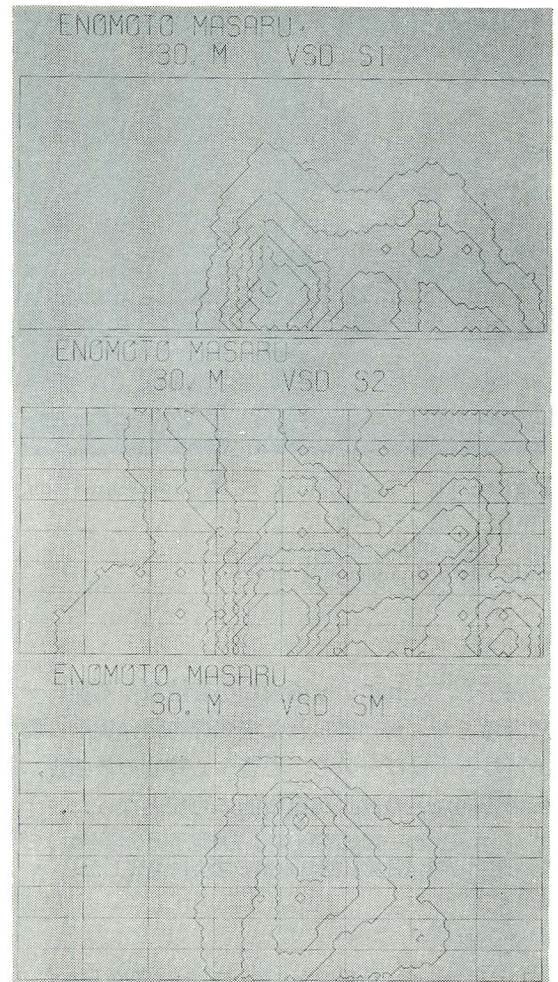


Figure 10. 30-year-old male with ventricular septal defect

Contour line maps produced by the X Y plotter. The surface maps were calculated by the computer and then plotted to connect lines of equal intensity of heart sounds

に対角線の交点における値を計算する。そして隣り合う分割点によってできる線分の中で、一定の値と交差する線分のグループをすべて選出し、番号を付してコンピュータに記憶させたのち、任意の線分から出発して、次に通過する線分を逐次探し出し、XYプロッタを用いて各々の空間分布図を作成する方法である。この自動作図は数分以内

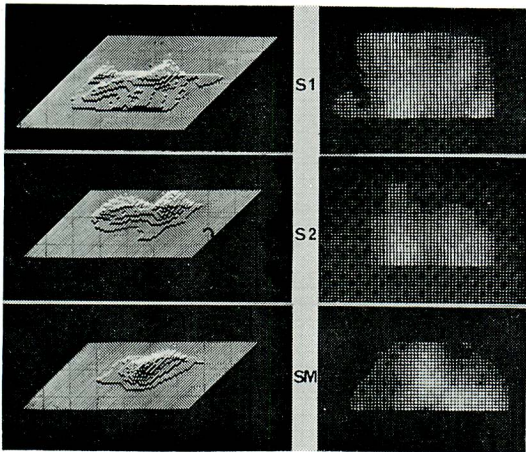


Figure 11. Topological PCG represented on the cathode ray tube
left : three-dimensional maps
right : two-dimensional maps

で完了し, これにより膨大な心音情報の処理が一層容易となった. 得られた空間分布図は実際の聴診所見ともほぼ一致し, 心音・心雑音の最強点, 伝播方向などの認識が直観的に可能となった.

本論文の一部は昭和46年 7月電子通信学会および昭和47年 4月第11回日本ME学会に発表した.

文 献

- 1) 仁村泰治, 古川俊之, 林 隆一: 空間位相心音図に関する研究. 医用電子・生体工学研究会資料, 資料番号 MBE71-15 (1971-07)
- 2) 森口繁一, 高沢嘉光: 三次元関数の容姿 (1) 特異点と鞍点. bit 2 : 577, 1970
- 3) ローゼンフェルド A (石田晴久, 島村 勲, 佐藤 充, 共訳): 電子計算機による画像処理. 共立出版, 1971, p101
- 4) Sainani GS, Luisada AA: "Mapping" the precordium. I. Heart sounds of normal subjects. Amer J Cardiol 19 : 788, 1967

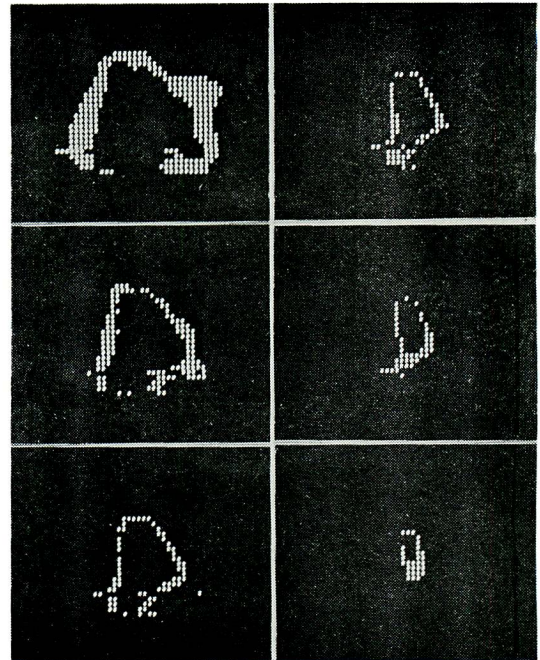


Figure 12. Topological PCG represented on the cathode ray tube.

Tow-dimensional maps show equal intensity zone of heart sounds.

- 5) Sainani GS, Luisada AA, Gupta P: Mapping of the precordium, II. Murmurs and abnormal sounds. Acta Cardiol 23 : 152, 1968
- 6) Faber JJ, Burton AC: Spread of heart sounds over chest wall. Circulation Res 11, 96, 1962
- 7) Faber JJ: Damping of sound on the chest surface. Circulation Res 13 : 352, 1963
- 8) 小川俊昌: 胸壁表面における心音心雑音の強度分布と減衰に関する研究. Jap Circulat J 32 : 211, 1968
- 9) Tanaka M, Kosaka S, Oka S: Intensity distribution of heart sounds and murmurs on the anterior chest surface. Sci Rep Res Inst Tohoku Univ 13 : 93, 1966

討 論

田中(東北大抗酸菌研): 確かME学会のときにお伺いしたと思うのですが, 実はこういう強度分布を求める方法は重要な意味を持っております

ので, 私どものほうもいろいろやっておるのですが, まだ私どものほうでは用手法でしかやっていないわけです. そんな点から, やっている間

Listing in Fortran of the program which constructs the contour line maps automatically by the computer

```

ISN LABEL FORTRAN STATEMENT
C TOPOLOGICAL REPRESENTATION OF HEART SOUNDS AND MURMURS
C M HORIZONTAL (ABSCISSA)
C N VERTICAL (ORDINATE)
C IF DATA MATRIX IS 7*14, :N:=7*4-3 AND :M:=14*4-3.
NM MEANING N MULTIPLIED BY M
C A(I,J) VALUE AT THE POINT OF (I,J)
G(I,J) MEAN VALUE OF 4 NEIGHBORING POINTS
C C(K) VALUE OF EACH CONTOUR LINE
C KM(K) NUMBERS OF (N1,N2) REGISTERED IN EACH TABLE
C KK NUMBERS CF (N1,N2) REMAINED IN EACH TABLE
C KC RANKING SCALES OF EACH CONTOUR LINE
C N,M,KC (315)
C NAME(1-24), AGE(25-26), SEX(27), DIS(28-30), TON(31-32)
C DATA(14F5.0)
0001 IF :N: IS 99999, THIS PROGRAM WILL STOP.
0002 DIMENSION LINE(1000,2),A(97,53),G(36,52),KM(10),C(10)
0003 COMMON LINE,N,M,NM,K,KM,KK
0004 999 CONTINUE
0005 READ(2,1100) N,M,KC
1100 FORMAT(315)
0006 IF (N.EQ.99999) STOP
0007 DO 1 J=1,N
0008 DO 1 J=1,M
0009 A(I,J)=0.0
0010 1 CONTINUE
0011 NA=(N+3)/4
0012 MA=(M+3)/4
0013 NB=NA-1
0014 MB=MA-1
0015 NC=NB-1
0016 MC=MB-1
0017 ND=(N-1)/2
0018 MD=(M-1)/2
0019 NE=ND-1
0020 ME=MD-1
0021 READ (2,150)NAME1, NAME2, NAME3,AGE,SEX,DIS,TON
150 FORMAT(3A8,A2,A1,A3,A2)
0022 DO 2 I=1,NA
0023 II=I+4*(I-1)
0024 2 READ(2,100) (A(II,JJ),JJ=1,M,4)
0025 100 FORMAT(14F5.0)
0026 AMAX=A(1,1)
0027 AMIN=A(1,1)
0028 DO 3 I=1,NA
0029 II=I+4*(I-1)
0030 DO 3 J=1,MA
0031 JJ=I+4*(J-1)
0032 IF(A(II,JJ).GT.AMAX) AMAX=A(II,JJ)
0033 IF(A(II,JJ).LT.AMIN) AMIN=A(II,JJ)
0034 3 CONTINUE
0035 DO 7 I=1,NB
0036 DO 7 J=1,MB
0037 A(4*I-1,4*J-1)=(A(4*I-3,4*J-3)+A(4*I-3,4*J+1)+A(4*I+1,4*J-3)+A(4*I+1,4*J+1))/4.0
0038 7 CONTINUE
0039 DO 8 I=1,NB
0040 DO 8 J=1,MB
0041 A(1,4*J-1)=(A(1,4*J-3)+A(1,4*J+1))/2.0
0042 A(N,4*J-1)=(A(N,4*J-3)+A(N,4*J+1))/2.0
0043 8 CONTINUE
0044 DO 9 I=1, NB
0045 A(4*I-1,1)=(A(4*I-3,1)+A(4*I+1,1))/2.0
0046 A(4*I-1,M)=(A(4*I-3,M)+A(4*I+1,M))/2.0
0047 9 CONTINUE
0048 DO 10 I=1,NB
0049 DO 10 J=1,MC
0050 A(4*I-1,4*J+1)=(A(4*I-1,4*J-1)+A(4*I-1,4*J+3)+A(4*I-3,4*J+1)+A(4*I+1,4*J+1))/4.0
0051 10 CONTINUE
0052 DO 11 I=1,NC
0053 DO 11 J=1,MC
0054 A(4*I+1,4*J-1)=(A(4*I+1,4*J-3)+A(4*I+1,4*J+1)+A(4*I-1,4*J-1)+A(4*I+1,4*J+1))/4.0
0055 11 CONTINUE
0056 DO 12 I=1,ND
0057 DO 12 J=1,MD
0058 A(2*I-1,2*J)=(A(2*I-1,2*J-1)+A(2*I-1,2*J+1)+A(2*I+1,2*J-1)+A(2*I+1,2*J+1))/4.0
0059 12 CONTINUE
0060 DO 13 J=1,MD
0061 A(1,2*J)=(A(1,2*J-1)+A(1,2*J+1))/2.0
0062 A(N,2*J)=(A(N,2*J-1)+A(N,2*J+1))/2.0
0063 13 CONTINUE
0064 DO 14 I=1,ND
0065 A(2*I,1)=(A(2*I-1,1)+A(2*I+1,1))/2.0
0066 A(2*I,M)=(A(2*I-1,M)+A(2*I+1,M))/2.0
14 CONTINUE
DO 15 I=1,ND
DO 15 J=1,ME
A(2*I,2*J+1)=(A(2*I,2*J)+A(2*L,2*J+2)+A(2*I-1,2*J+1)+A(2*I+1,2*J+1))/4.0
15 CONTINUE
DO 16 I=1,NE
DO 16 J=1,MD
A(2*I+1,2*J)=(A(2*I+1,2*J-1)+A(2*I+1,2*J+1)+A(2*I,2*J)+A(2*I+2,2*J))/4.0
16 CONTINUE
NM=N*M
0077 INTER=(AMAX-AMIN)/(FLOAT(KC)-1.0)
0078 MIN=AMIN
0079 DO 212 K=1,KC
C(K)=MIN+K*INTER
212 CONTINUE
0081 NN=N-1
0082 MM=M-1
0083 DO 214 I=1,NN
DO 214 J=1,MM
G(I,J)=(A(I,J)+A(I+1,J)+A(I,J+1)+A(I+1,J+1))/4.0
214 CONTINUE
K=KC
0089 WRITE(5,150) NAME1,NAME2,NAME3,AGE,SEX,DIS,TON
0090 216 CONTINUE
0091 IF(C(K).GE.AMAX) GO TO 270
0092 IF(C(K).LE.AMIN) GO TO 999
0093 I=I+1
0094 218 CONTINUE
J=J+1
0096 220 CONTINUE
IF(I.GE.N) GO TO 226
0099 IF(A(I,J).LE.C(K)) GO TO 222
0100 IF(C(K).GE.A(I+1,J)) GO TO 224
0101 GO TO 226
0102 222 IF(C(K).LE.A(I+1,J)) GO TO 224
0103 GO TO 226
0104 224 CONTINUE
N1=J+(I-1)*M
N2=N+M
0107 LINE(II,1)=N1
0108 LINE(II,2)=N2
0109 II=II+1
0110 226 CONTINUE
0111 IF(J.GE.M) GO TO 232
0112 IF(A(I,J).LE.C(K)) GO TO 228
0113 IF(C(K).GE.A(I,J+1)) GO TO 230
0114 GO TO 232
0115 228 CONTINUE
IF(C(K).LE.A(I,J+1)) GO TO 230
0116 GO TO 232
0117 230 CONTINUE
N1=J+(I-1)*M
N2=N+M+1
0121 LINE(II,1)=N1
0122 LINE(II,2)=N2
0123 II=II+1
0124 232 CONTINUE
J=J+1
0125 IF(J.LE.M) GO TO 220
0127 I=I+1
0128 IF(I.LE.N) GO TO 218
0129 I=I+1
0130 234 CONTINUE
J=J+1
0132 236 CONTINUE
N2=J+(I-1)*M+1
0133 IF(G(I,J).LE.C(K)) GO TO 238
0134 GO TO 246
0136 238 CONTINUE
IF(C(K).GT.A(I,J)) GO TO 240
0137 N1=J+(I-1)*M
0138 LINE(II,1)=N1
0139 LINE(II,2)=N2
0140 II=II+1
0141 240 CONTINUE
IF(C(K).GT.A(I+1,J)) GO TO 242
0142 N1=J+I*M
0143 LINE(II,1)=N1
0144 LINE(II,2)=N2
0147 II=II+1
0148 242 CONTINUE
IF(C(K).GT.A(I,J+1)) GO TO 244
0149 N1=J+1+(I-1)*M
0150

```

に一番感じていることなのですが、この場合の1つは名称の問題で、「空間位相」というのはどういう意味をお考えになってつけられたのかということが1つ。それから、プロットする場合の心音強度は、何を基準とし、どんな時間のものを、どういう方法で計測するのか、その辺を伺えたらと

思います。

演者(林): 「空間位相」という名称のいわれですが、これはトポロジーを日本語に訳したものであります。トポロジーというのは、数学の分野で集合論とか、あるいは幾何学でいろいろな図形をトポロジーと言っております。そうしたところ

林, 古川, 仁村, 阿部

```

0151 LINE(11,1)=N1
0152 LINE(11,2)=N2
0153 I=I+1
0154 244 CONTINUE
0155 IF(C(K).GT.A(I+1,J+1)) GO TO 245
0156 N1=J+1)*M
0157 LINE(11,1)=N1
0158 LINE(11,2)=N2
0159 I=I+1
0160 GO TO 254

0161 246 CONTINUE
0162 IF(C(K).LT.A(I,J)) GO TO 248
0163 N1=J+1)*M
0164 LINE(11,1)=N1
0165 LINE(11,2)=N2
0166 I=I+1
0167 248 CONTINUE
0168 IF(C(K).LT.A(I+1,J)) GO TO 250
0169 N1=J+1)*M
0170 LINE(11,1)=N1
0171 LINE(11,2)=N2
0172 I=I+1
0173 250 CONTINUE
0174 IF(C(K).LT.A(I,J+1)) GO TO 252
0175 N1=J+1)*M
0176 LINE(11,1)=N1
0177 LINE(11,2)=N2
0178 I=I+1
0179 252 CONTINUE
0180 IF(C(K).LT.A(I+1,J+1)) GO TO 254
0181 N1=J+1)*M
0182 LINE(11,1)=N1
0183 LINE(11,2)=N2
0184 I=I+1
0185 254 CONTINUE
0186 J=J+1
0187 IF(J.LE.M-1) GO TO 236
0188 I=I+1
0189 IF(I.LE.N-1) GO TO 234
0190 KM(K)=I
0191 WRITE(3,1001)
0192 1001 FORMAT(1H1, //10X,50H** TOPOLOGICAL REPRESENTATION OF HEART SOUNDS
1 **/)
0193 WRITE(3,1003)NAME1,NAME2,NAME3,AGE,SEX,DIS,TON
0194 1003 FORMAT(1H0, //15X,3A8,2X,A2,2X,A1,2X,A3,2X,A2/)
0195 WRITE(3,1002) K
0196 KK=KM(K)
0197 I=1
0198 457 IF(LINE(1,1).EQ.0) GO TO 600
0199 N1=LINE(1,1)
0200 N2=LINE(1,2)
0201 CALL BOUND(N1,N2,ILL)
0202 IF(ILL.EQ.0) GO TO 500
0203 600 IF(I.GT.KK) GO TO 259
0204 GO TO 457
0205 500 CALL ZAHYO(N1,N2,X,Y)
0206 WRITE(3,1000) N1,N2,X,Y
0207
0208 WRITE(5,2200)
0209 2200 FORMAT(1X,4H-1.0)
0210 WRITE(5,2100) X,Y
0211 2100 FORMAT(2F5.1)
0212 N1=N1
0213 N2=N2
0214 LINE(1,1)=0
0215 LINE(1,2)=0
0216 258 CALL SEARCH(N1,N2,X,Y)
0217 IF(N1.EQ.N11.AND.N2.EQ.N22) GO TO 257
0218 N11=N1
0219 N22=N2
0220 CALL BOUND(N1,N2,ILL)
0221 IF(ILL.NE.0) GO TO 258
0222 I=1
0223 257 I=I+1
0224 IF(I.GT.KK) GO TO 270
0225 IF(LINE(1,1).EQ.0) GO TO 257
0226 GO TO 457
0227 259 CALL ZAHYO(N1,N2,X,Y)
0228 WRITE(3,1000) N1,N2,X,Y
0229 WRITE(5,2200)
0230 WRITE(5,2100) X,Y
0231 LN1=N1
0232 LN2=N2
0233 KN1=N1
0234 KN2=N2
0235 263 CALL SEARCH(N1,N2,X,Y)
0236 IF(N1.EQ.KN1.AND.N2.EQ.KN2) GO TO 700
0237 KN1=N1
0238 KN2=N2
0239 IF(N1.EQ.LN1.AND.N2.EQ.KN2) GO TO 750
0240 GO TO 263
0241 700 CONTINUE
0242 LINE(KK,1)=0
0243 LINE(KK,2)=0
0244 750 KK=KK-1
0245 IF(KK.LE.0) GO TO 270
0246 I=KK
0247 IF(LINE(1,1).EQ.0) GO TO 250
0248 N1=LINE(KK,1)
0249 N2=LINE(KK,2)
0250 GO TO 259

```

```

270 K=K-1
0252 IF(K.GT.0) GO TO 216
0253 WRITE(5,2300)
0254 2300 FORMAT(1X,9H-1.0 -1.0)
0255 1000 FORMAT(1H0,5X,3HHT=,15,5X,3HN2=,15,10X,2HX=,F5.1,5X,2HY=,F5.1)
0256 1002 FORMAT(1H0, //13X,7H** THE,13,14HTH HEIGHT **/)
0257 GO TO 999
0258 END

```

```

ISN LABEL FORTRAN STATEMENT
0001 SUBROUTINE BOUND(N1,N2,ILL)
0002 DIMENSION LINE(1000,2),KM(10)
0003 COMMON LINE,N,M,NM
0004 IF(N1.GT.M-1) GO TO 1
0005 IF(N2.NE.N1+1) GO TO 1
0006 ILL=0
0007 RETURN
0008 1 KA=1
0009 3 IF(N1.NE.KA) GO TO 2
0010 IF(N2.NE.KA+M) GO TO 7
0011 ILL=0
0012 RETURN
0013 2 KA=KA+M
0014 IF(KA.LE.M*(N-2)+1) GO TO 3
0015 7 KA=M
0016 5 IF(N1.NE.KA) GO TO 4
0017 IF(N2.NE.KA+M) GO TO 8
0018 ILL=0
0019 RETURN
0020 4 KA=KA+M
0021 IF(KA.LE.M*(N-1)) GO TO 5
0022 8 KA=M*(N-1)+1
0023 9 IF(N1.NE.KA) GO TO 10
0024 IF(N2.NE.N1+1) GO TO 10
0025 ILL=0
0026 RETURN
0027 10 KA=KA+1
0028 IF(KA.LE.NM-1) GO TO 9
0029 ILL=5000
0030 RETURN
0031 END

```

```

ISN LABEL FORTRAN STATEMENT
C
0001 SUBROUTINE OF SEARCHING NEXT POINTS
0002 SUBROUTINE SEARCH(N1,N2,X,Y)
0003 DIMENSION LINE(1000,2),KM(10)
0004 COMMON LINE,N,M,NM,K,KM,KK
0005 IF(N1.LT.N2.AND.N2.LE.NM) GO TO 10
0006 GO TO 100
0007 10 CONTINUE
0008 I1=(N1-1)/M+1
0009 I2=(N2-1)/M+1
0010 J1=N1-(I1-1)*M
0011 J2=N2-(I2-1)*M
0012 IF(I1.EQ.I2) GO TO 12
0013 GO TO 14
0014 12 CONTINUE
0015 N3=N1+(I1-2)*(M-1)+J1
0016 N4=N3+M-1
0017 GO TO 1000
0018 14 CONTINUE
0019 N3=N1+(I1-1)*(M-1)+J1-1
0020 N4=N3+1
0021 GO TO 1000
0022 100 CONTINUE
0023 IF(N1.LE.NM.AND.NM.LT.N2) GO TO 20
0024 GO TO 1000
0025 20 CONTINUE
0026 I1=(N1-1)/M+1
0027 I2=(N2-NM-1)/(M-1)+1
0028 J1=N1-(I1-1)*M
0029 J2=N2-NM-(I2-1)*(M-1)
0030 IF(I1.NE.I2) GO TO 30
0031 IF(J1.EQ.J2) GO TO 32
0032 GO TO 34
0033 32 CONTINUE
0034 N3=(I2-1)*M+J2+1
0035 N4=N3+M-1
0036 GO TO 1000
0037 34 CONTINUE
0038 IF(J1.EQ.J2+1) GO TO 36
0039 GO TO 1000
0040 36 CONTINUE
0041 N3=(I2-1)*M+J2
0042 N4=N3+M+1
0043 GO TO 1000
0044 30 CONTINUE
0045 IF(I1.NE.I2+1) GO TO 1000
0046 IF(J1.EQ.J2) GO TO 40
0047 IF(J1.EQ.J2+1) GO TO 42
0048 GO TO 1000
0049 40 CONTINUE

```

から、「位相」という訳語を作りました。したがって物理学で使われる位相とはまた違うわけです。もう一つのご質問のいわゆる「強度分布」と言うことですが、この場合は最大振幅をとっているわけです。ですから、時間も、I音ならI音の中

で一番大きい部位をとって計測しております。便宜上「強度分布」と言っていますが、正確には最大振幅の分布です。

田中：何心拍をとっているのですか。

演者：3心拍をとって、それを平均しております

```

0049      N3=(I2-1)*M+J2
0050      N4=N3+M+1
0051      GO TO 1000
0052      42 CONTINUE
0053      N3=(I2-1)*M+J2+1
0054      N4=N3+M-1
0055      1000 CONTINUE
0056      I=1
0057      1 I=I+1
0058      IF(N1.NE.LINE(I,1).OR.N3.NE.LINE(I,2)) GO TO 50
0059      N2=N3
0060      GO TO 60
0061      50 IF(N1.NE.LINE(I,1).OR.N4.NE.LINE(I,2)) GO TO 51
0062      N2=N4
0063      GO TO 60
0064      51 IF(N2.NE.LINE(I,1).OR.N3.NE.LINE(I,2)) GO TO 52
0065      N1=N2
0066      N2=N3
0067      GO TO 60
0068      52 IF(N2.NE.LINE(I,1).OR.N4.NE.LINE(I,2)) GO TO 53
0069      N1=N2
0070      N2=N4
0071      GO TO 60
0072      53 IF(N3.NE.LINE(I,1).OR.N1.NE.LINE(I,2)) GO TO 54
0073      N2=N1
0074      N1=N3
0075      GO TO 60
0076      54 IF(N4.NE.LINE(I,1).OR.N1.NE.LINE(I,2)) GO TO 55
0077      N2=N1
0078      N1=N4
0079      GO TO 60
0080      55 IF(N3.NE.LINE(I,1).OR.N2.NE.LINE(I,2)) GO TO 56
0081      N1=N3
0082      GO TO 60
0083      56 IF(N4.NE.LINE(I,1).OR.N2.NE.LINE(I,2)) GO TO 57
0084      N1=N4
0085      60 CONTINUE
0086      LINE(I,1)=0
0087      LINE(I,2)=0
0088      CALL ZAHYO(N1,N2,X,Y)
0089      WRITE(2,2000) N1,N2,X,Y
0090      WRITE(5,2100) X,Y
0091      2100 FORMAT(2F5.1)
0092      2000 FORMAT(1H0,10X,3HN1=,I5,X,3HN2=,I5,5X,2HX=,F5.1,5X,2HY=,F5.1)
0093      RETURN
0094      57 IF(I.LT.KK) GO TO 1
0095      RETURN
0096      END
ISN      LABEL FORTRAN STATEMENT                                LINE#
0001      SUBROUTINE ZAHYO(N1,N2,X,Y)
0002      DIMENSION LINE(1000,2),KM(10)
0003      COMMON LINE,N,M,NM
0004      IF(N2.NE.N1+1) GO TO 3000
0005      X=(N1-(N1-1))/(M*M)*2
0006      Y=(N1-1)/(M*2+1)
0007      RETURN
0008      3000 IF(N2.NE.N1+M) GO TO 3100
0009      X=(N1-(N1-1))/(M*M)*2-1
0010      Y=(N1-1)/(M*2+2)
0011      RETURN
0012      3100 CONTINUE
0013      IX=N1-(N1-1)/(M*M+N2-NM-(N2-NM-1))/(M-1)
0014      X=IX
0015      X=X-0.5
0016      IY=(N1-1)/(M+(N2-NM-1))/(M-1)
0017      Y=IY
0018      Y=Y+1.5
0019      RETURN
0020      END

```

Listing in Fortran of the program which produces the contour line maps automatically by the X Y plotter

```

001      DIMENSION NAME(6)
002      REAL IY
003      CALL PLOT(0.0,0.0,10,IER)
004      5 READ(2,200)NAME,IY,IS,ILL,IOTO
005      200 FORMAT(6A4,F2.0,A1,A3,A2 )
006      CALL APLOT(3.0,22.6,1.4,0.0,NAME,24,IER)
007      CALL NPLOT(10.0,20.6,1.4,0.0,IY,0,IER)
010      CALL APLOT(14.0,20.6,1.4,0.0,IS ,1,IER)
011      CALL APLOT(19.2,20.6,1.4,0.0,ILL,3,IER)
012      CALL APOLET(24.4,20.6,1.4,0.0,IOTO,2,IER)
C      UX... UNIT LENGTH OF X
C      IY... UNIT LENGTH OF Y
C      YS... SCALE OF Y
013      READ(2,400)UX,UY,YS
014      400 FORMAT(2F5.2,F5.0)
015      YMAX=2.0UY*49.0
016      YMIN=YMAX-UY*YS
017      CALL PLOT( 37.9,YMAX,1,IER)
020      CALL PLOT( 0.1,YMIN,0,IER)
021      CALL PLOT( 0.1,YMIN,0,IER)
022      CALL PLOT( 37.9,YMIN,0,IER)
023      CALL PLOT( 37.9,YMAX,0,IER)
C      CALL PLOT(3.0,3.0,1,IER)
C      CALL PLOT(37.65,3.0,0,IER)
C      CALL PLOT(37.65,13.78,0,IER)
C      CALL PLOT(3.0,13.78,0,IER)
C      CALL PLOT(3.0,3.0,0,IER)
C      1 READ(2,100) X,Y
024      100 FORMAT(2F5.1)
025      IF(X.EQ.-1.) GO TO 10
026      X1=X*UX+0.1
027      Y1=-Y*UY+YMAX
030      X1=X*0.33+3.0
C      Y1=Y*0.22+10.78+3.0
031      CALL PLOT(X1,Y1,1,IER)
032      2 READ(2,100)X,Y
033      IF(X.EQ.-1.) GO TO 10
034      X=X*UX+0.1
035      Y=-Y*UY+YMAX
C      X=X*0.33+3.0
C      Y=-Y*0.22+10.78+3.0
036      CALL PLOT(X,Y,0,IER)
037      GO TO 2
C      10 CALL PLOT(X1,Y1,0,IER)
040      10 IF(Y.EQ.-1.) GO TO 20
041      GO TO 1
042      20 CALL PLOT(0.0,0.4,IER)
043      PAUSE
044      CALL SSWTCH(1,KBY)
045      IF(KBY.EQ.1) GO TO 5
046      CALL PLOT(0.0,0.0,63,IER)
047      STOP
050      END

```

す。

田中：そうしますと、呼吸の影響でも振幅は変わりますし、呼吸を停止したところで、心音にしても心雑音にしても、最大振幅で1～2 mmの差は簡単に出たと思うのですが、その点はどうお考えですか。ああいうこまかい等強度線で書きますと、その辺の所がきいてくるとは思いますけど……。

演者：その点が問題になると思います。いまは計測を手動的にやっていますが、それを hardware で計測するにしても、やはりそういう点に問題があると思います。

田中：私どもの方では、始め最大振幅をとってやっていたのですが、あまりバラツキが多いので、

0.1 秒位の積分値をとって現在やっております。

そうしますと、一応 energy の表現として用いることが出来るかと思えますし、バラツキも少なくなります。それで私はどうも最大振幅をとるといふことには抵抗を覚えるのです。

演者：hardware の問題が解決すればいろいろなことができると思いますが、いままで計測は手動的にやっておりますので、これだけしか出来ません。それから強度分布を実際の強度で分布させるか、あるいは最大振幅だけでそれを強度として分布図をつくるか、またはそういうエベローブをとってその分布図をとるか、いろいろやり方はあると思いますが、音響学的特性の問題は別として、

臨床的に見た場合、それが正確な意味での強度分布でなくても、最大振幅でとった分布図で非常にクリアーに何か分類できたら、それでいいんじゃないかと思います。どれが一番いいかはいまのところわかりませんが、そういう考えを持っています。

山本 (九州厚生年金病院内科) : 強度比の分布についての問題ですが、それをどういうふうに応用するかという点で、いままでは自動診断の方向にむかうものが多かったと思いますが、ぼくらから考えると、強度比というものは、弁膜疾患そのものと関係があるというよりも、anatomical な心臓の位置との関係によって変るものだと思います。そういうことから考えると、この方法の今後の発展方向としては、たとえば mitral stenosis といったような疾患で、その grade が同一症例で段々変わっていくときに、rumble が変化してきたり、presystolic murmur が変動してきたり、これは左房とか左室の圧・容積、あるいは肺血管抵抗などに関連して変動するのですが、そのような同一症例のfollow-up という立場からこの方法を開発してもらおうと非常に有難いのですが、その点の見通しはどうか。

演者 : 確かにそのとおりで、そういう方向にむかうのも1つの目標だと思います。

大井 (慈大第2内科) : ちょっと違う研究ですが、PDP 12 を使いまして周波数分析と強度分析をやろうかと心がけたことがあります。フィルターの性能とマイクの性能によって、非常に周波数も違うし強度も違うのですね。その点をどのようにお考えか、ちょっと教えていただきたいと思っています。

演者 : 確かにそれが問題になると思いますが、こういう場合に一番理想的なのは、同じ性能のマイクロホンを同時に全部胸壁に貼りまして、同時に記録出来たら一番いいわけですが、特性の非常によく似たマイクロホンをそろえることもなかなか難しいですし、実際問題として90何個のマイクロホンを胸壁につけることも、いまのところではちょっと難しいと思います。いま私がやっておりますのは、時間的にはかなりズレておりますけれども、マイクを順番に移動させ逐一記録しながらやっていますが、先生のおっしゃるように、そういう面は確かに問題として残っていると思います。

加藤 (久留米大小児科) : この方法の clinical evaluation の問題ですが、聴診器であちこち探して聴くのと、かなり大がかりな機械を使ってやるのと、どれくらい違うのかという気もするんですが、その点いかがでしょうか。

演者 : その点は先にも触れましたが、強度分布を客観的に表示するという点に、この方法の意義があるわけです。

田中 : 演者を弁護するわけではありませんが、今まで心音図学で礎き上げられて来た歴大なデータというものは、ほとんどが臨床家の手になるもので、音響学的基礎が薄弱であるというのが欠点だと思います。それで、心音・心雑音の本質は何か、また音源から胸壁までの伝播の特性はどうなっているのか、といった生体側の問題を解決する必要に迫られるわけですが、こういう生物物理学的な問題を解明する上に、今の演題に出ましたようなことが、大変役に立ってくるわけです。

<訂 正>

ページ	誤	正
P 189 データー	C N, M, KC(315) 0005 1100 FORMAT(315) 0070 A(2*I, 2*J+1)=(A(2*I, 2*J) + A(2*I, 2*J+2)+.....	C N, M, KC(315) 0005 1100 FORMAT(315) 0070 A(2*I, 2*J+1)=(A(2*I, 2*J) + A(2*I, 2*J+2)+.....
P 189	1135	0135
P 190	0255 1000 FORMAT(1HO, 5X, 3HN1=,	0255 1000 FORMAT(1HO, 5X, 3HNI=,
P 191	012 CALL APOLOT	012 CALL APLOTT