

## 循環器用超音波診断装置

## Recently improved equipments for echocardiography

内田 六郎

Rokuro UCHIDA

## Summary

Recently improved equipments for echocardiography were introduced.

Merits and demerits of various methods which were applied to those equipments to increase the resolution were discussed.

## Key words

Echocardiography      Resolution

## はじめに

循環器用のパルスエコー法装置は、大別していわゆる TM-mode と呼ばれる画像を表示する小型装置と、B-mode も表示できるやや大型の装置に分けられるが、これらについて、現在市販されている機器を対象として、それらの性能、問題点などについて述べる。

## 心エコー図

この装置は Fig. 1 に示すように、胸壁上第 3~4 肋間等の場所で、心臓内の目的とする器管の方向に向けて、プローブ(探触子)を置き超音波を送受波し、これによって得られたエコーを時間軸上に輝度変調表示する一方、この時間軸を、それと直角方向に 2~10 cm/s の速さで掃引することにより、各器管の運動を表示する曲線を得ようとするものである。そして、これらの曲線群(心エコー図)のほかに、心電図、心音図などが並記されるのが普通である。

## 1. 心エコー図用専用小型装置

Fig. 2 はこの種の装置の 1 例である。患者のベッドサイドでの観測の便も考慮して、明るくかつ大きな CRT の蛍光面に、その残光性を利用して心エコー図が表示される。

類似の装置は、まだ心エコー法の普及していなかった約 10 年前から日本でも作られていたが、最近の装置は写真のように小型で、他の生体現象の表示機能や、像の定量性の点ですぐれている。

このような装置は国内で数種類、米国、欧州にも、それぞれ数種類のものが市販されている。

## 2. プローブ

プローブは超音波の送受波のために、直接胸壁上に置き、液体のカップリングメディウムを介して、皮膚と直接接触させ使用する。その形状と性能は装置の使いやすさや分解能を大きく左右する。

Fig. 3, Table 1 に示すような種々のものが用意されている。

Table 1 の No. 4 が、従来の探触子であるが、

アロカ株式会社  
東京都三鷹市牟礼 6-22-1 (〒181)

Aloka Co., Ltd., Mure 6-22-1, Mitaka, Tokyo 181

Presented at the 13th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, September 25-26, 1976

Received for publication October 11, 1977

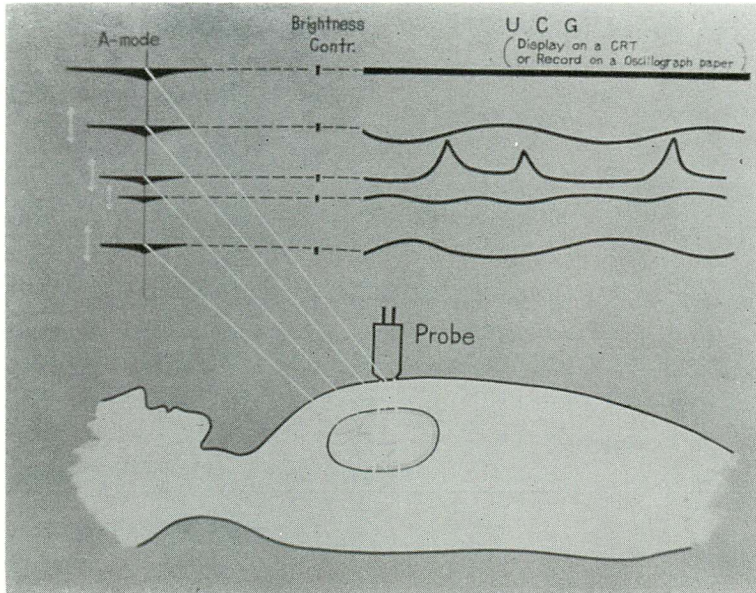


Fig. 1. Diagram illustrating how construct TM-mode from echoes.

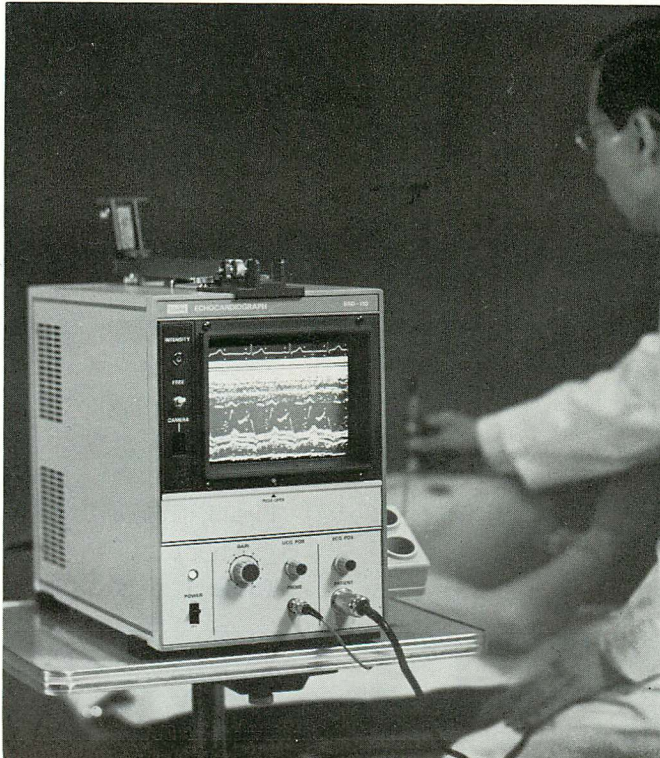


Fig. 2. A portable equipment for TM-mode.

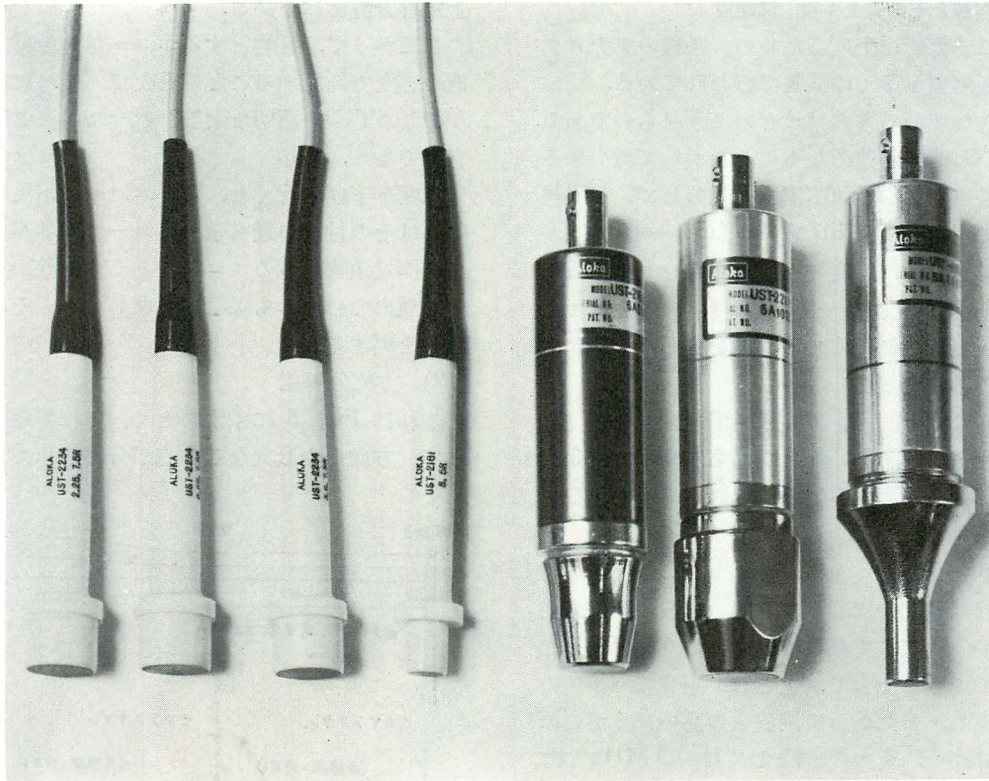


Fig. 3. Probes of various types (diameter; 6~15 mm, frequency; 2~5 MHz, flat and focused).

Table 1. Specification of probes

No.	Frequency	Diameter	Focal point	Remarks
1	2.25 MHz	13 mm	100 mm	
2	3.5	10	75	
3	5	5	50	For children
4	2.25	15		Nonfocused

心臓の場合、胸壁からの深さがそれほど深いところではないので、最近は大人に対しても 3 MHz 近くの周波数のものが良く用いられる。

また、後述のように最近方位方向の分解能を上げるために、振動子を彎曲型にしてプローブの前方、ある一定距離のところに焦点を結ばせるようにして、焦点での超音波ビームを細くした探触子が使用されるようになってきた。

振動子の彎曲した凹面の部分にはプラスチックが充填され、外面は平になっているが、この部分により焦点はやや長くなり、使いやすくなる傾向もある。小児用の場合は、胸壁から心臓までの距離も近く減衰も小さいので、高い周波数のものを使用でき、高い周波数であれば小さい径の振動子でも鋭い焦点が形成される。

3. 分解能とその向上手段, 問題点

画像の分解能を上げるための、各種のアナログ的な画像処理が多く装置で行われている。

採用されている方式はつぎのようなものである。

- i) STC (距離が遠くなるにしたがって減少する感度の補正),
- ii) FTC (出力を微分して、境界線を明瞭にする方式),
- iii) AGC (エコーの強く、多い部分で自動的に感度を下げる方式),
- iv) 焦域形成プローブ,
- v) グレースケール (広い範囲にわたるエコーの強弱に対応する濃淡を表示できる方式),
- vi) 感度断層法。

分解能には i) 距離分解能, ii) 方位分解能, iii) 反射波の音響的な硬軟の適切な表現, の3つの要素があると考えられることができるが、これらについて説明する。

1) 距離分解能

これは Fig. 4 に示すごとく、音波の進行方向において、近接して存在する2つのターゲットを分離表示できる能力で、主として超音波パルスの幅に関係し、したがって周波数の高いほうがこの分解能は高い。1つの例としては、3 MHz で、1~3 mm 離れた2点は分離表示できる。

感度の高い状態で画像を見ていると、エコーのパルス幅が広くなるほか、目的とするターゲットのエコーに加えて、その前後の弱いエコーも表示され、それらが一体になってしまうので、見かけ

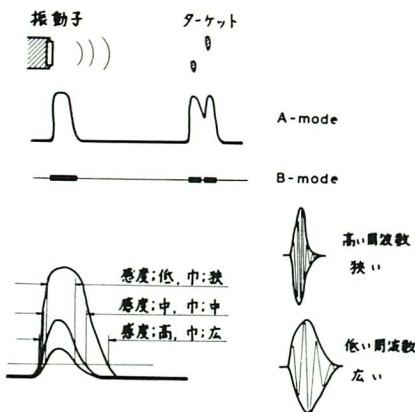


Fig. 4. Pulse width and range resolution.

上距離分解能は下がる。

したがって、目的とするエコーが表示可能な最低の感度で計測することが必要で、そのためには、AGC, STC の適切な調整、感度断層法の利用が有効である。

感度を下げて行くと、弱いエコーは消失し、最後にはその付近の最も強いエコーが残るが、これが計測対象物からのエコーであるかどうかは、前述の理由で必ずしも保証されないため、その点は注意を要する。

2) 方位分解能

これは Fig. 5 に示すごとく、ほぼ等距離にあつて、方向が少し異なる2点が分離表示できるか、

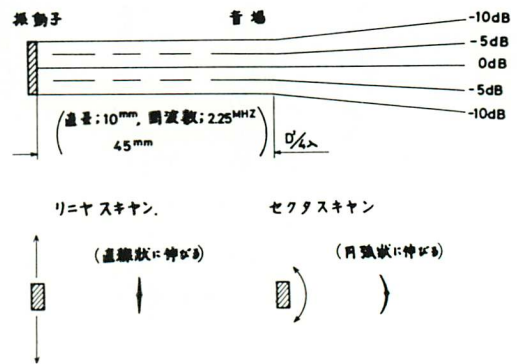


Fig. 5. Beam width and lateral resolution.

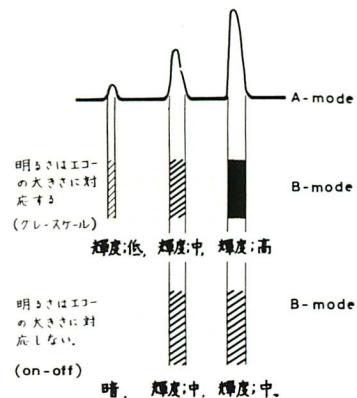
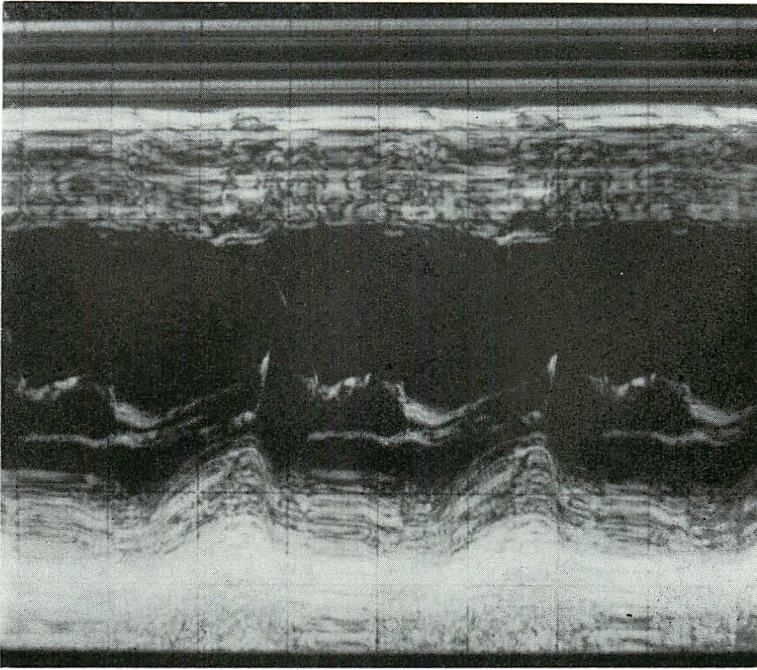
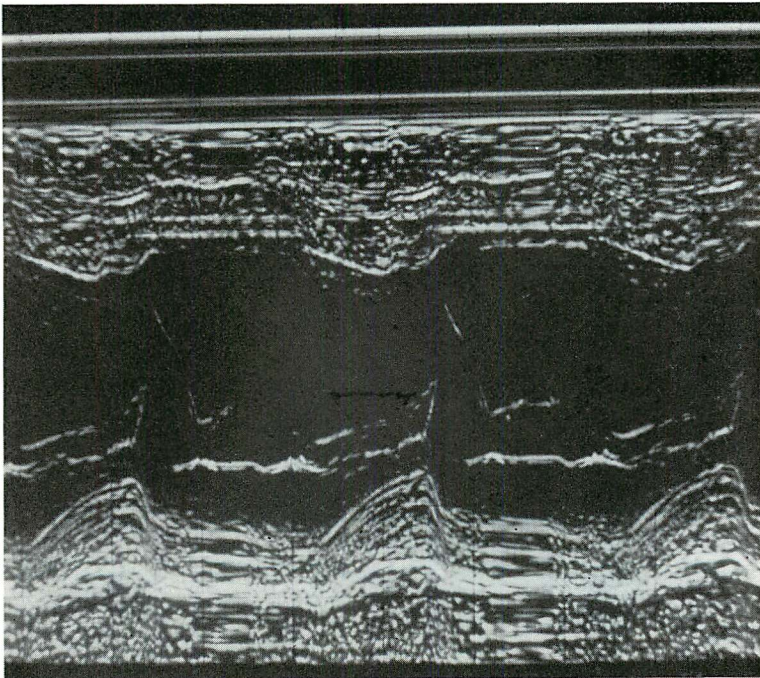


Fig. 6. On-off and grey tone indication.



**Fig. 7. Echocardiogram recorded with grey scale.**

All echoes from weak to strong one are logarithmically compressed in one image.



**Fig. 8. Echocardiogram recorded without grey scale.**

Differentiated display of the image shown in Fig. 7 to intensify the borders.

あるいは、1つの点とみなせる反射源のエコーが、方位方向にどのくらい広がったエコーとして表示されるか、の能力で、主として超音波ビームの太さに関係する。

彎曲形振動子によりビームを細くすることができ、これによることが方位方向分解能の向上に最も有効である。

方位分解能も、前述の距離分解能と同様に、そのターゲットのエコーを表示可能な最低の感度に調整することにより向上する。

### 3) 硬軟の表示能力

ターゲットの硬さを広い範囲にわたって表示できる能力も、分解能として大切な要素である。

この場合、硬軟はさわった感じでなく、音響的硬軟が隣接部分とどのように変化するかという割合が表示されることになる。これらの値の変化に

応じて、強いあるいは弱いエコーで表示されれば、対象物を一層正確に認識できる。

従来の装置では、エコーの強さがある値以上の場合、それらのエコーはすべて飽和してしまったので、感度断層法によって得られる数枚の画像により、これらの変化をとらえていた。

このような画像群の代わりに、一枚の画像ですませる方法として、エコーの強さを対数的に圧縮し、ごく弱いエコーから強いエコーまでを1つの画面に表示する方式が、グレースケール、階調性画像などの名称で呼ばれている方法である (Fig. 6).

この方式は、それなりの利点もあるが、原理的に距離、方位分解能が低下し、境界の不鮮明になる欠点はまぬがれない。

Fig. 7 は、上述の対数圧縮画像で、Fig. 8 はその画像の境界線を明瞭にすべく、微分その他の

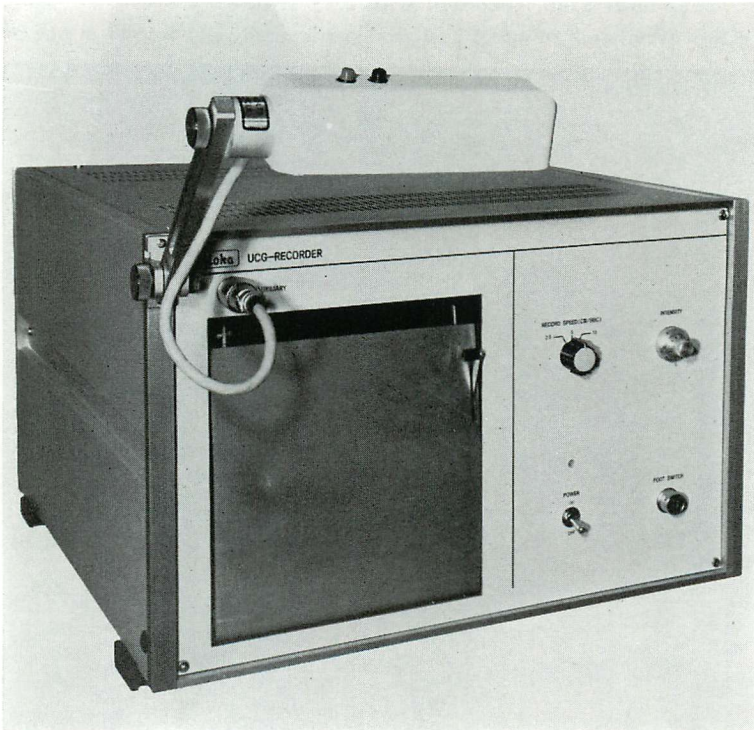


Fig. 9. Continuous fiberoptic recorder of TM-mode (Dry and wet development are both available).

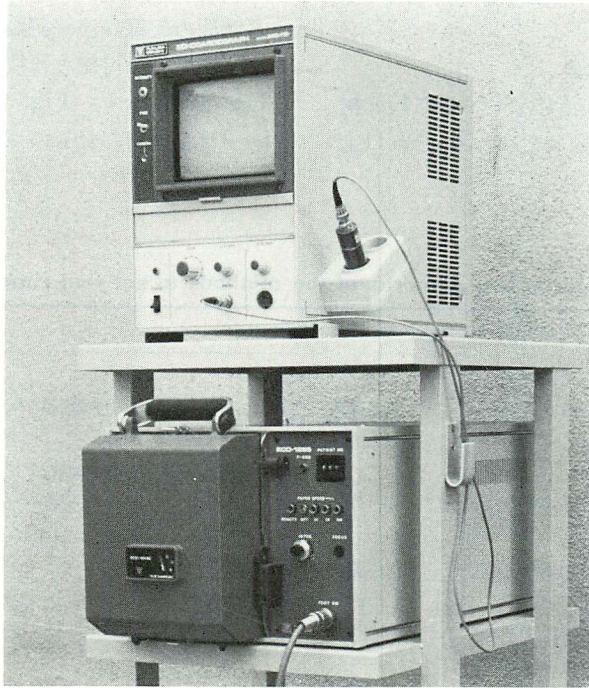


Fig. 10. Continuous strip chart recorder of wet development type (chemical process) (lower one).

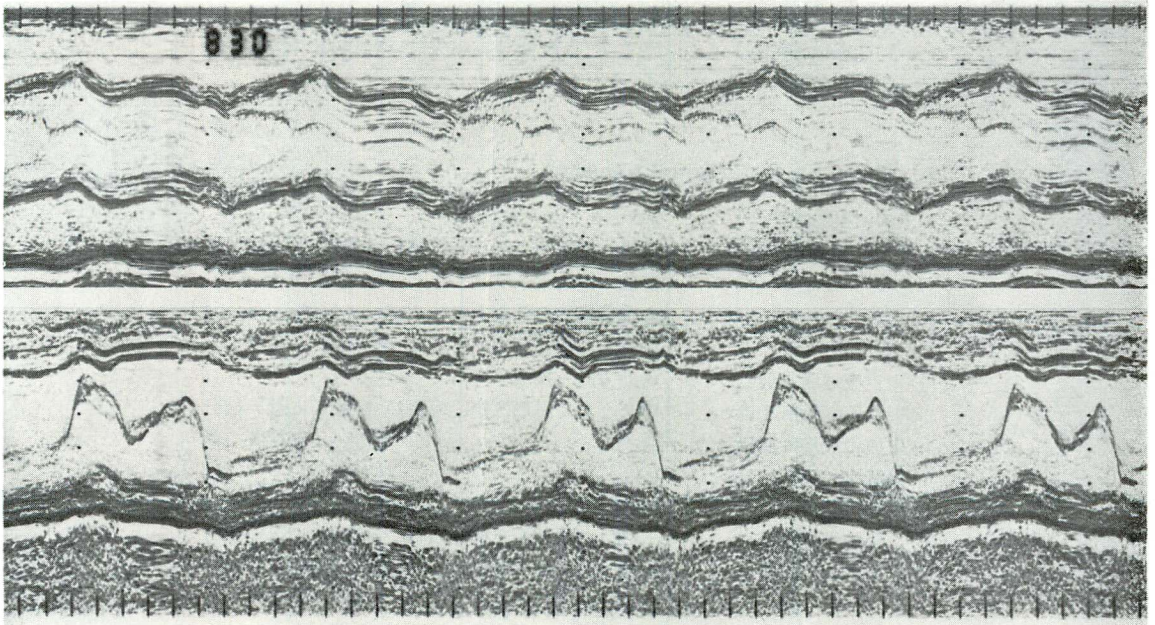


Fig. 11. Dual echocardiogram recorded by a continuous strip chart recording of 2-channel TM-mode.

処理を行ったものである。

4. TM-mode 連続記録装置

数拍動以内の記録は、装置についている観測用の CRT の画像を写真に撮れば良いが、それ以上

長時間の記録は連続記録装置による必要がある。

国内で入手可能な連続記録装置の例を、Fig. 9, Fig. 10 に示す。Fig. 9 はオプティカルファイバー管を使用したもので、乾式の即時観察可能な

Table 2. Merits and demerits of the methods to get real time B-mode

1. 機械的走査方式 (mechanical scanning)		
<p>心エコー図用と同じ形式の振動子を機械的に動かして音波ビームを主としてセクター状に走査し断面像を作るもの。</p> <p>(得) 指向特性が他の電子式に比して良好にできる。他の超音波装置と共用でき安価である。</p> <p>(失) 走査速度はあまり速くできない。機械的振動が感じられる。</p>	<p>1-1 同期式</p> <p>低速度で動かし、心電図等を利用して心拍のある時相のみエコーを表示することにより、心臓のある時相での静止像を合成する。</p>	<p>(得) 分解能良好</p> <p>(失) 数拍動ないし数十拍動の合成像でリアルタイムでない。</p>
	<p>1-2 高速走査式</p> <p>振動子を機械的に高速度で動かし心臓の動きをリアルタイムで観察する。</p>	<p>(得) リアルタイム表示ができる。比較的安価である。</p> <p>(失) 機械的振動が大きい。</p>
2. 電子的走査方式 (electrical scanning)		
<p>電子的に振動素子の切替や音波の位相制御を行うことにより、電子ビームを走査する。</p> <p>(得) 走査速度を速くできる。探触子は生体の皮膚に直接接触して動かない。</p> <p>(失) 指向性を良好にすることが難しい。</p>	<p>2-1 セクター走査</p> <p>近接して配列された数個の振動素子よりの送受信波の位相を制御し、超音波ビームの方向を探触子を中心として扇形に走査する。</p>	<p>(得) 探触子と人体との接触面積が少なくてすむ。(小さい acoustic window から中をのぞける。)</p> <p>(失) 探触子に近い部分が見難い。両端での指向性が劣る。</p>
	<p>2-2 リニア走査</p> <p>一列に多数並んだ振動素子を、順次動作させることにより、超音波ビームを直線的に移動させる。</p>	<p>(得) 探触子に近い部分でも広く観察できる。</p> <p>(失) 探触子と人体との接触面積が大きい。</p>



記録紙と、湿式の現像を必要とする記録紙の両方を使用でき、**Fig. 10** は湿式現像専用である。

**Fig. 10** の装置による、2 現象心エコー 図の 1 例を **Fig. 11** に示す。

一般に湿式現像方式は即時観察できず、また、現像処理に手間がかかる欠点はあるが、濃淡の度合いの広い鮮明な画像が得られる。

### 心断層像装置

心臓のように動いている臓器の断面像を作る装置としては、**Table 2** のようなものがある。これらの装置、とくに電子走査方式については、装置の改善、利用法の検討の両面で急速な進歩の過程にあり、記すべきことも多いが、紙面の都合で割愛し、つぎの機会にゆずることとする。