

心室造影のデジタル画像  
処理による弁閉鎖不全症逆  
流率の定量的評価

Quantitative cineangio-  
graphic evaluation of  
the valvular regurgitant  
flow ratio by digital  
image processing tech-  
nique

中塚 喬之  
岩橋 健  
藤崎 寿路  
原 正忠  
金江 清  
照屋日出夫  
中山 信彦  
久能 晃  
小池 眞弓  
吉村 正蔵

Takayuki NAKATSUKA  
Ken IWAHASHI  
Hisamichi FUJISAKI  
Masatada HARA  
Kiyoshi KANAE  
Hideo TERUYA  
Nobuhiko NAKAYAMA  
Akira KUNOU  
Mayumi KOIKE  
Shozo YOSHIMURA

**Summary**

By application of digital image processing technique to cineangiogram, possibility to calculate the valvular regurgitant flow ratio, especially in patents with aortic regurgitation, was examined.

The image processor used was RT6404 made by Amast Computer Co, and the microcomputer to control the image processor was H68TR made by Hitachi Industrial Co. The image of the cineangiogram was photographed by telecamera, and the image processor converted the televi-signal to digitized image. Total volume and concentration of contrast medium in the ventricle was integrated in each systole and diastole.

In patients without aortic regurgitation, the volume of contrast medium was not increased in the next diastole after the end of injection. On the contrary, in cases of aortic regurgitation, the volume of contrast medium was increased in the next diastole because of regurgitation. Thus, the regurgitant flow ratio could be calculated from the ejected volume in systole immediately before this

---

東京慈恵会医科大学 第四内科  
東京都港区西新橋 3-25-8 (〒105)

The Fourth Department of Internal Medicine, Jikei  
University School of Medicine, Nishishinbashi 3-  
25-8, Minato-ku, Tokyo 105

Presented at the 22nd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 25-26, 1981  
Received for publication May 11, 1981

diastole and the increased volume caused by the regurgitation.

**Key words**

Cineangiogram      Digital image processing technique      Aortic regurgitation      Regurgitant flow ratio

はじめに

弁閉鎖不全症の逆流率の評価は、通常心室造影よりなされているが、Sellers の分類<sup>1)</sup>のごとく数段階に区分し得るに過ぎない。これをデジタル画像処理の手法を用いてさらに定量的に評価し、逆流率を算出し、パーセント表示し得るか否か検討した。弁閉鎖不全症は4つの弁でそれぞれ起こり得るが、今回は大動脈弁閉鎖不全症をその実例として採り上げた。

方 法

1. 画像処理装置および方法

Fig. 1 は画像処理の方法を示すブロック図である。(1) 左心室造影画像をスクリーンに映写する。(2) これをテレビカメラで撮影し、(3) この像をvideotape recorder (VTR) に録画する。(4) この画像をモニターテレビに写し、録画や画像処理の状況監視に用いる。(5) 画像処理装置でデジタル画像に変換する。この装置はアマストコンピューター製 RT 6404V<sup>2,3)</sup> で、60 分の1秒で1画面

をデジタル化する。1画面の分解能は縦 256 点、横 256 点であり、1 点は2ビット、4 階調の濃度変化で表わされる。(6) デジタル画像を見るためのモニターテレビである。(7) 画像制御用マイクロコンピューターであり、日立製作所製 H 68TR を用いた。ただし画像処理装置と接続するため、クロックパルスジェネレーターを含め、日立製 Single Boad Computer (SBC system) 仕様により一部改造している。(8) 制御監視用テレビであり、(9) はコンピューター入力用キーボードである。なお(3)のVTRを介さず、直接画像をデジタル処理することもできる。

2. 心室造影画像処理法

以下に心室造影画像の処理法を示す。

Fig. 2 に拡張期の心室造影画像を示す。これを原画とすると、Fig. 3 はこの原画のデジタル画像である。よくみると心臓の外縁も写っている。

Fig. 4 は心室内腔の占める区域を定めるために描いた縦横の基準線である。これにより縦横の座標の見当がつけられる。

Fig. 5 は前述のデジタル画像を反転し、また求む

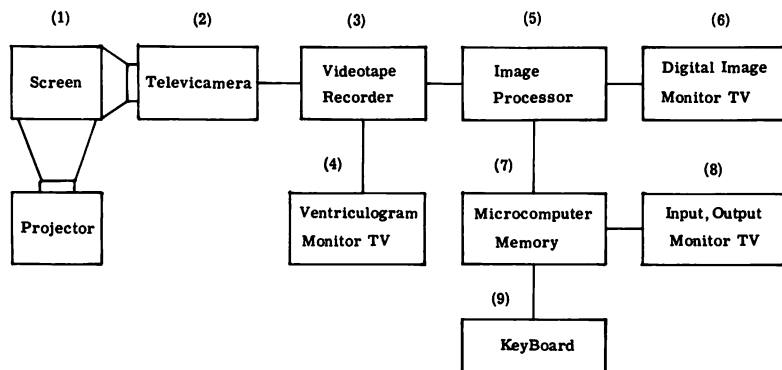


Fig. 1. Block diagram of the present method.

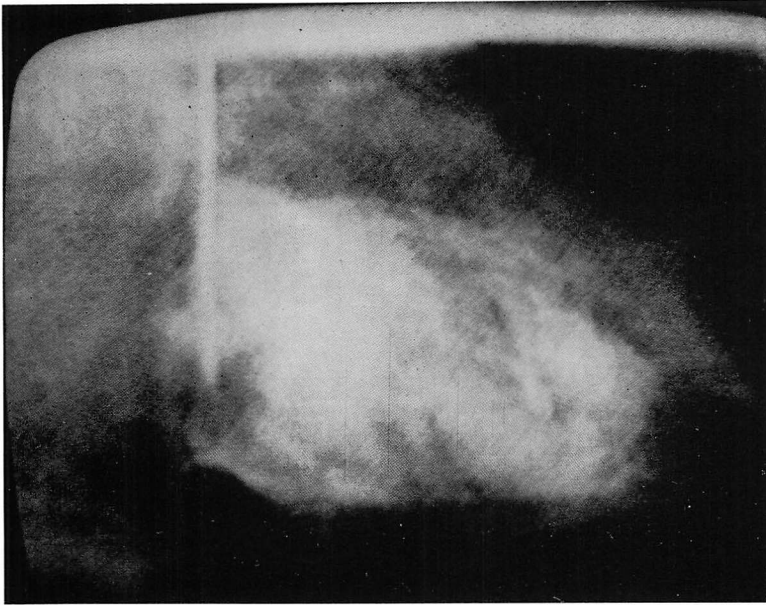


Fig. 2. Original image of the diastolic left ventriculogram.

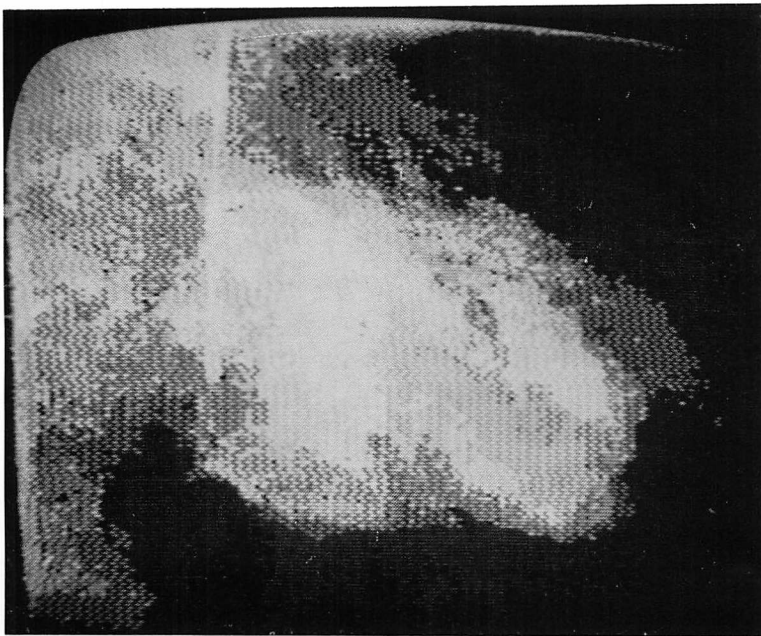


Fig. 3. Digitized image in diastole.

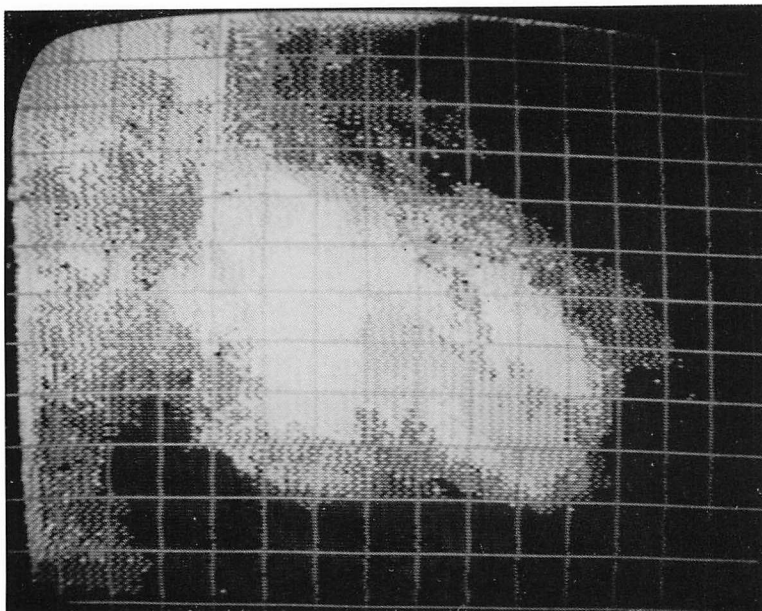


Fig. 4. Grid to decide the range of the left ventricle.

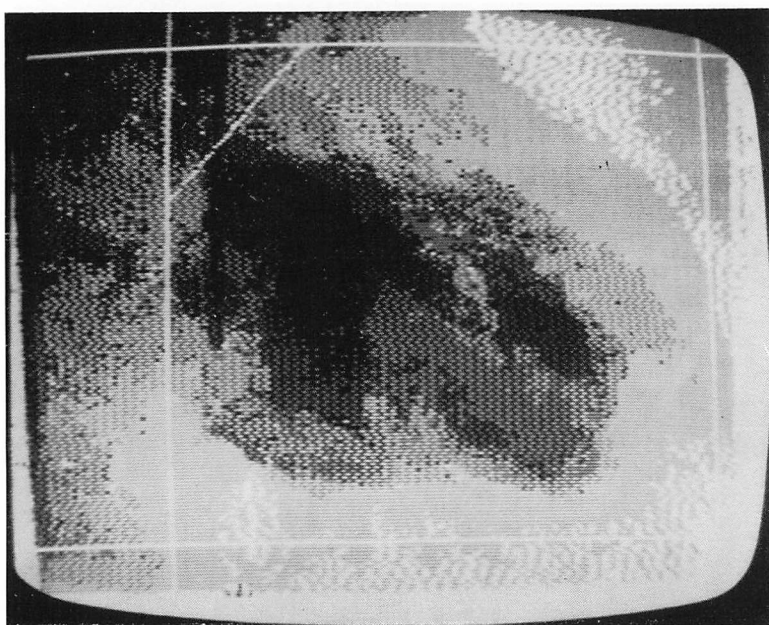
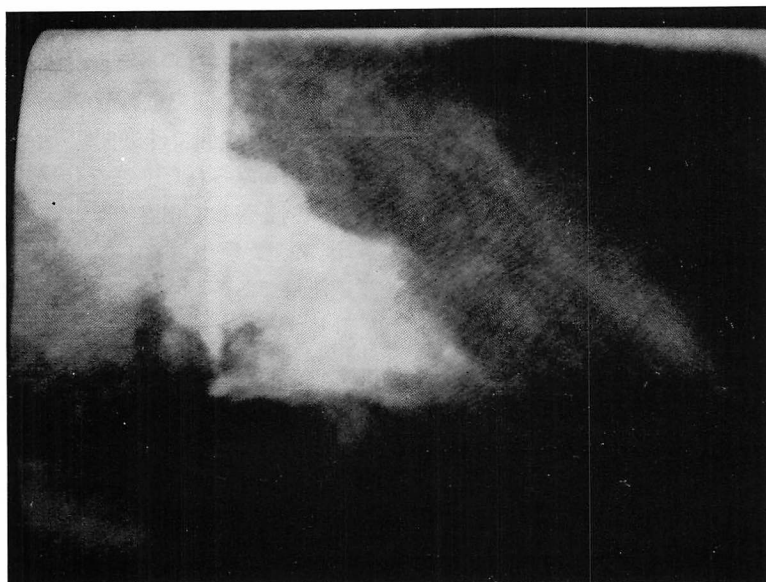


Fig. 5. Inverted image and the range.

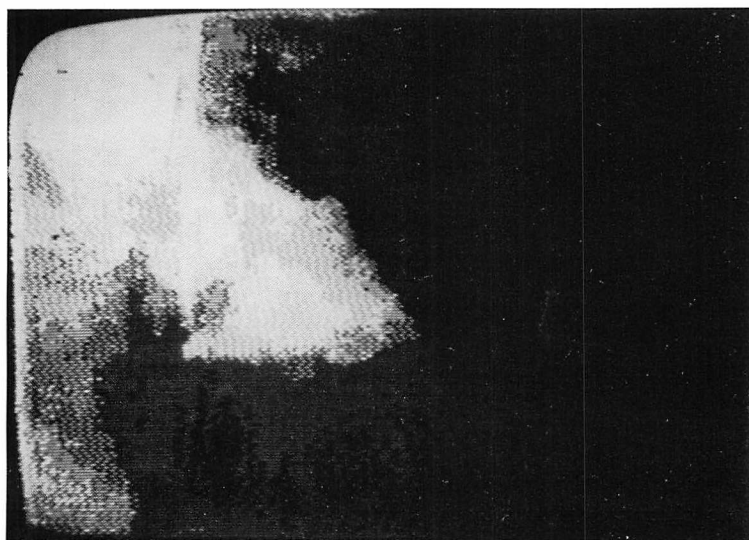
べき心室内腔の範囲を示している。次いでこの範囲内の影像を濃度変化を含めて積分する。これは造影剤の量を求めていることになるが、あらかじめ造影剤注入前の同じ区域内の背景の濃度を求めておき、造影剤注入により濃度の増加した分のみ

を求める。

**Fig. 6** は心室造影画像の収縮期を示している。これを収縮期の原画とすると、**Fig. 7** はそのデジタル画像である。前述と同様の方法で収縮期の造影剤量を積分して求める。



**Fig. 6.** Original image of the systolic left ventriculogram.



**Fig. 7.** Digitized image in systole.

成 績

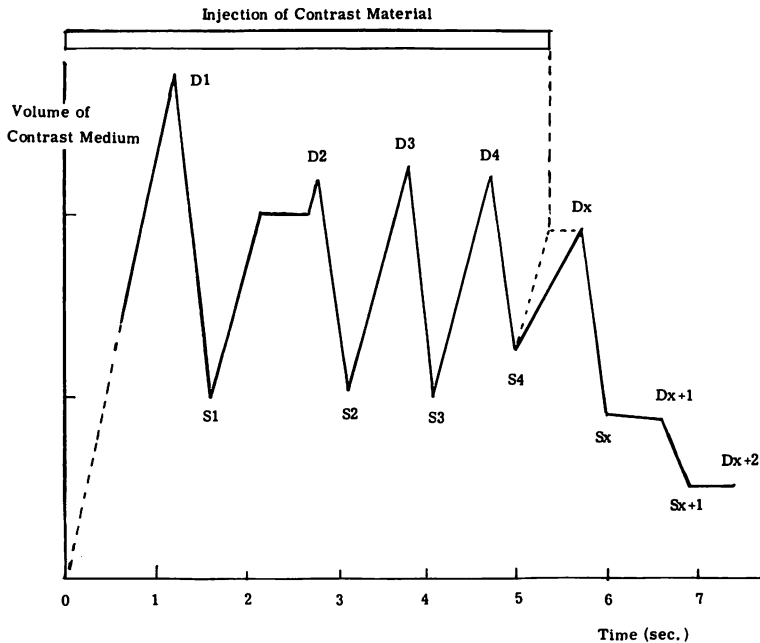
1. 大動脈弁に障害のない場合の左心室内造影剤の推移と駆出率

**Fig. 8** は大動脈弁に障害のない患者の心室造影画像を連続計測したものである。縦軸は左心室の造影剤量、横軸は時間である。D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> は拡張期, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> はそれぞれその直後の収縮期を示す。D<sub>x</sub> は造影剤注射終了直後の拡張期, S<sub>x</sub> はその後の収縮期を示す。D<sub>1</sub> より S<sub>1</sub> を引いた値は駆出された量にあたる。ただし駆出期の間も造影剤の注入は続いている点に注意を要する。S<sub>4</sub> と D<sub>x</sub> の間で造影剤の注入が終ると D<sub>x</sub> は D<sub>1</sub>~D<sub>4</sub> までの値に比べ急に減少を示した。S<sub>x</sub> と次の D<sub>x+1</sub> の間では逆流がないと増加がみられず、ほぼ同じ値となった。D<sub>x</sub> と S<sub>x</sub> の差は駆出量であり、D<sub>x</sub> は拡張末期容量に相当するものであるから、この両者の比から駆出

率を求めることができた。

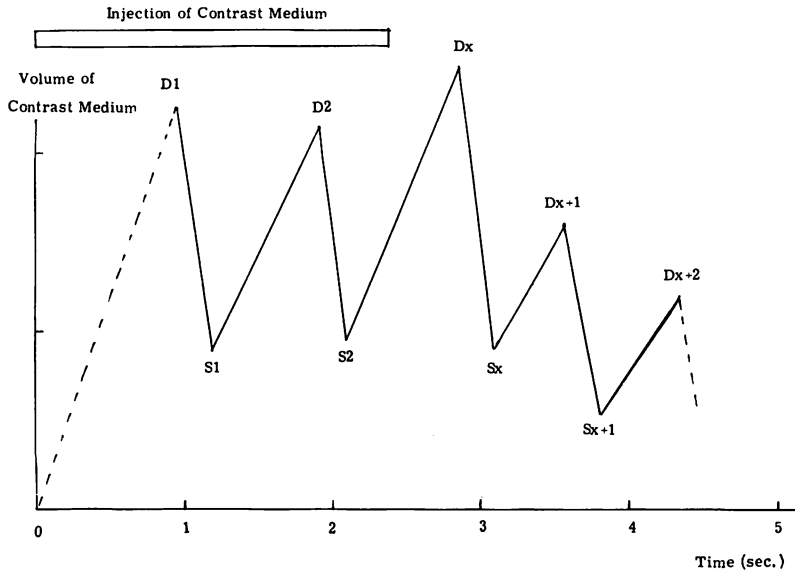
2. 大動脈弁閉鎖不全症の左心室内造影剤の推移と逆流率

**Fig. 9** は大動脈弁閉鎖不全症の大動脈造影画像を計測した結果である。この例は Sellers の分類で III 度の逆流を認める例なので、左心室は次第に濃く写り、次いで次第に薄くなる。この間の造影剤の推移を調べると、この図のごとくなる。S<sub>2</sub> と S<sub>x</sub> の間で造影剤の注入が終っている。S<sub>x</sub> と D<sub>x+1</sub> の間では弁閉鎖不全による逆流のための増加がみられた。この点が先の弁閉鎖不全症のない例と著しく相違するところであった。D<sub>x</sub> と S<sub>x</sub> の差が駆出量であり、D<sub>x+1</sub> と S<sub>x</sub> との差が逆流量であるから、この両者の比から、逆流率を計算することができた。



**Fig. 8. Volume change analyzed by the image processing of the ventriculogram.**

D<sub>x</sub>=diastole immediately after the end of injection of contrast medium; S<sub>x</sub>=next systole after D<sub>x</sub>.



**Fig. 9. Volume change analyzed by image processing of the aortogram in a patient with aortic regurgitation.**

Dx=diastole immediately after the end of injection of contrast medium; Sx=next systole after Dx.

## 考 案

### 1. 医用画像のデジタル画像処理

今日では循環器領域においても各種の医用画像をデジタル画像処理し、診断を定量化、客観化、自動化するよう試みられている。その対象としては心室造影像<sup>4)</sup>、超音波断層像<sup>5)</sup>、RI アンジオ<sup>6,7)</sup>などであるが、最近のRI アンジオなどは装置そのものが、コンピューターの利用を前提にしている。画像技術は医学以外の分野でも急速に進歩しているので、装置の精密化、低廉化と相俟って、医学領域へも益々取り入れられ、普及していくものと思われる。

方法で述べた我々の装置は、1点のグレイスケールは4階調であり、さらに高精度のものが望まれるが、その代わりに、画像処理装置としてはこれまでの常識では考えられない低価格で実現し得た。このような装置は、目的に応じて必要な精度の機種が選ばれるべきであろう。

### 2. 心室造影のデジタル画像処理

心血管造影法は観血的な方法であり、侵襲も大きいので、その適応は慎重に決められなければならないが、実施により得られた像は、医学的には極めて価値の高いものである。しかし、これまでは診断は動画の視診によることが多く、画像処理法を利用した定量診断の試みは少ない。

これまでの心室造影画像処理の主流は、心室の輪郭を描出し、駆出量、駆出率、心収縮様式などを求める方法が採られている。今回の我々の方法は必ずしも輪郭にはこだわらず、心室内の濃度を含めた積分値の変化を追求した。すなわちこの方法は、心室内の造影剤の総量が時間の経過とともにどのように変化していくかを調べる方法である。このような心室造影の画像処理にさいして、造影剤の濃度を含めた計測が可能か否か議論がなされている。**Fig. 10** は人のRAO(右前斜位)の下に造影剤の希釈液を置いて、心室造影の時と同様の条件で撮影したものである。下方には造影

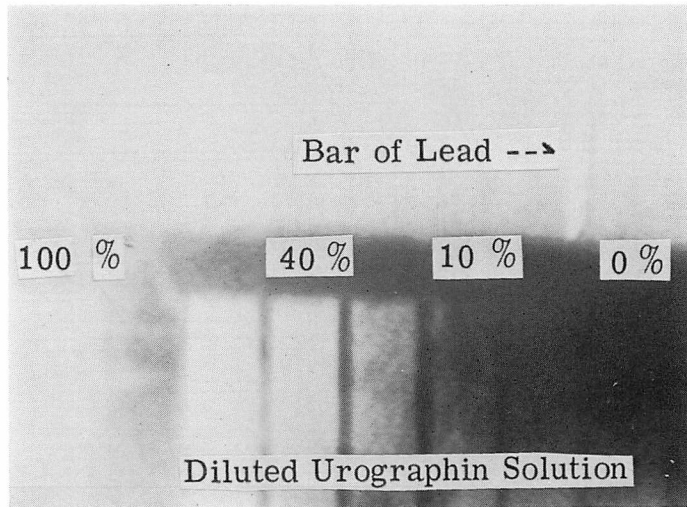


Fig. 10. Graded concentration of contrast medium taken photograph under the same condition of the photographed cineventriculogram.

剤の段階希釈液を写した。右上の鉛の棒は左端の最も濃い希釈液よりさらに濃く写っている。すなわち 1 cm 角の希釈されていない造影剤原液は、saturation を起こしていない。我々の施行した大多数の心室造影の画像は、濃いところでこの希釈液の 60~80%までの濃度にとどまる。したがって、我々は saturation についてはあまり不安感をもっていないが、さらに saturation に対する策を列挙すれば次のごとくである。1) 薄い造影剤を用いる、2) 鉛のごとき X 線不透過性の物体を対照として同時に写し、全画面の saturation の有無を確かめる。3) 造影剤段階希釈液を同時に写し、撮影条件を検討する。4) 濃い造影剤で鮮明な輪郭を得ようとする方法でなく、むしろ心室内の造影剤の濃淡が美しく見えるような撮影条件、フィルム現像条件を求める。

Fig. 11 は造影剤希釈液が画像処理装置でどのように測られるかを示している。横軸に造影剤濃度、縦軸に画像処理装置による計測値を示した。この図によると計測値はほぼ直線上にあり良好な成績を示しているので、本法のような濃度を含めた計測が原理的には可能であると考えられた。

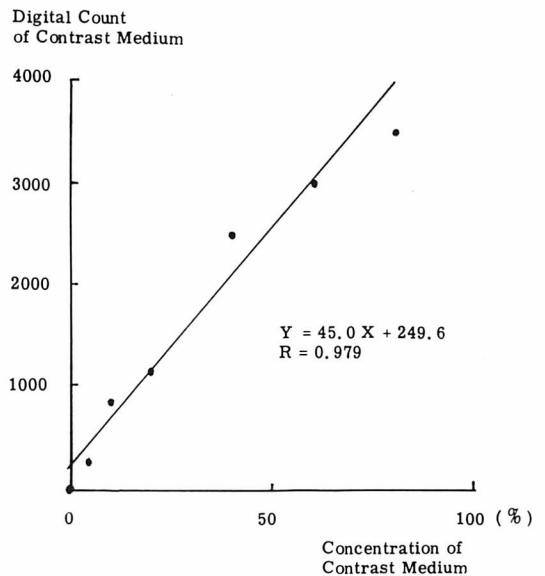


Fig. 11. Relation between digital count of contrast medium and its concentration.

### 3. 弁閉鎖不全症の逆流率算出

Sellers の大動脈弁閉鎖不全症の逆流度評価法は、大動脈造影法を用いる。我々の画像処理による方法の場合も、逆流の多い場合、例えば Sellers



の分類で III 度以上の場合は大動脈造影を利用することができる。逆流の少ない場合は心室の収縮期、拡張期が不明瞭になるので用いられない。この場合は心室造影を利用する。普通心室造影のみでは逆流の評価は困難であるが、画像処理法によれば逆流量の多少にかかわらず評価が可能になる。我々の方法では造影剤注入終了後の 2 心拍の計測が特に重要であるから、注入終了時期をでき得るかぎり正確に知る必要がある。このために造影剤注入開始後のシネのコマ送り数を数えたり、造影剤注入終了後、拡張期の造影剤量が急に減少する特徴を利用する。したがって不整脈のある場合は算定が不正確になる恐れがある。

画面上に心室の像と大動脈の像が重なると、この重複部分の評価は困難になるので、なるべくこのような像の重なりが起こらないよう撮影の角度を選ぶ必要がある。

大動脈弁閉鎖不全症以外の弁、例えば肺動脈閉鎖不全症では右心室造影の画像処理により大動脈弁閉鎖不全症の場合と同様の原理で逆流率の評価ができるが、僧帽弁閉鎖不全症の場合は左房内を連続計測する。逆流の少ない場合は、左室と左房の両方を計測しなければならないが、この場合は左室と左房が同一画面上に収まらず、困難をきたすことがある。しかし軽症で左房への逆流のジェットがよく見えるときには、左室とこの左房内ジェットの計測から簡単に逆流率が算出できることもある。三尖弁閉鎖不全症も僧帽弁閉鎖不全症と同様の方法で右心室造影を利用し逆流率を評価できる。

## 結 語

心室造影画像に対してデジタル画像処理の手法を適応し、弁閉鎖不全症、特に大動脈弁閉鎖不全症の逆流率を算出し得るか検討を行った。

画像処理装置は RT 6404V (アマスト コンピ

ューター製)、その制御にはマイクロコンピューター H 68TR (日立製作所製)を用いた。心室造影画像はテレビカメラを用いて画像処理装置に取り込み、デジタル画像とする。心室内の造影剤量を各収縮期、拡張期について濃度を含めて積分し、求めた。

上記の方法によれば、弁に障害のない患者の場合、造影剤注入終了後は収縮期とその次の拡張末期では造影剤量の変化が見られない。これに反して大動脈閉鎖不全症の場合は、逆流により造影剤注入終了後も拡張末期にその前の収縮期より造影剤量が増加しているから、駆出量と逆流によるこの増加分との比から逆流率を算出し、パーセント表示し得る。

以上のように心室造影に対し、デジタル画像処理の手法を適応し、血行動態の定量的解析を行うことは有用なことであり、このような方法は今後次第に普及していくものと思われる。

## 文 献

- 1) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW: Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease. *Am J Card* 14: 437-447, 1964
- 2) アマストコンピュータ(株)システム技術部: コンピュータ・アイシステム. 電子展望 17 (7): 47-57, 1980
- 3) 佐藤清明: コンピュータ・アイ応用テクニック. 電子展望 17 (8): 35-54, 1980
- 4) 英保 茂, 桑原道義, 藤田正俊, 篠山重威, 河合忠一: X線左心室造影映画像の自動処理と左心室機能の表示. *医用電子と生体工学* 17: 427-433, 1979
- 5) 桑原道義, 英保 茂: 左心室像の情報処理. *J Cardiology* 10: 323-341, 1980
- 6) 八村広三郎, 英保 茂, 桑原道義, 木之下正彦: RI 心血管造影像からの左心室輪郭抽出と容積計算の自動化. *医用電子と生体工学* 17: 9-15, 1970
- 7) 外山比南子, 村田 啓, 飯尾正宏, 高岡 茂: 位相分析法による第 1 回循環時および平衡時マルチゲートイメージの解析. *画像診断* 1: 81-88, 1981