

デジタルサブトラクション  
冠動脈造影の診断能: DSA  
とシネ同時撮影による比較  
検討

Comparisons of images  
simultaneously docu-  
mented by digital sub-  
traction coronary arte-  
riography and cine  
coronary arteriography

木村 晃二  
高宮 誠  
山本 和生  
太田 光重  
内藤 博昭

Koji KIMURA  
Makoto TAKAMIYA  
Kazuo YAMAMOTO  
Mitsushige OHTA  
Hiroaki NAITO

**Summary**

Using an angiography apparatus capable of simultaneously processing digital subtraction angiograms and cine angiograms, the diagnostic capabilities of both methods for the coronary arteries (DSCAG and Cine-CAG) were compared.

1. Twenty stenotic lesions of the coronary arteries of 11 patients were evaluated using both modalities. The severity of stenosis using DSCAG with a  $512 \times 512 \times 8$  bit matrix was semiautomatically measured on the cathode ray tube (CRT) based on enlarged images on the screen of a Vanguard cine projector which were of the same size as those of or 10 times larger than images of Cine-CAG. The negative and positive hard copies of DSCAG images were also compared with those of Cine-CAG.

The correlation coefficients of the severity of stenosis by DSCAG and Cine-CAG were as follows: (1) the same size DSCAG images on CRT to Cine-CAG, 0.95, (2) 10 times enlarged DSCAG images on CRT to Cine-CAG, 0.96, and (3) the same size DSCAG images on negative and positive hard copies to Cine-CAG, 0.97.

The semiautomatically measured values of 10 times enlarged DSCAG images on CRT and the manually measured values of the same size negative and positive DSCAG images in hard copy closely correlated with the values measured using Cine-CAG.

2. When the liver was superimposed in the long-axis projection, the diagnostic capabilities of DSCAG and Cine-CAG were compared. The materials included 10 left coronary arteriograms and 11 right coronary arteriograms. Diagnostically, DSCAG was more useful than Cine-CAG in the long-axis projection.

**Key words**

Digital subtraction coronary angiography

Cine coronary angiography

Coronary angiography

国立循環器病センター 放射線診療部  
吹田市藤白台 5-7-1 (〒565)

National Cardiovascular Center, Department of Ra-  
diology, 5-7-1 Fujishiro-dai, Suita 565

Received for publication January 11, 1988; accepted April 9, 1988 (Ref. No. 34-25)

## 目 的

Digital subtraction angiography (DSA) の画像分解能に関する報告は既に多数のものがある。冠動脈造影にも DSA が利用されつつあるが<sup>1,2)</sup>, DSA とシネ冠動脈造影とを同時撮影し, 両者の診断能を比較検討した報告はない。我々は DSA とシネが同時に撮影可能な装置を用い, 狭窄度判定に際しての DSA の信頼性, および簡便化, 体長軸方向撮影時に肝と重なる冠動脈の診断能などについて検討した。

## 対 象

### 1. 狭窄度判定

1. 基礎実験: 厚さ 2 cm のアクリル・ブロックに平行に穿けられた直径 5 mm~0.5 mm の円柱腔に, 造影剤を満したものをを用いた (Fig. 1)。

2. 臨床例: 虚血性心疾患 11 症例の 20 箇所狭窄部を用いた。

### 2. 体長軸方向撮影時の診断能

左前斜位 60°+尾頭方向 25°~30° で撮影した 10 例の左冠動脈造影像と, 11 例の右冠動脈造影像を用いた。

## 方 法

ファントムおよび臨床例の画像収集は東芝 DFP-50A を用い, DSA とシネを每秒 30 フレームで同時撮影した。イメージ・インテンシファイアのサイズは 5 または 7 インチのものを用いた。DSA の収集は画素数 512×512×8 ビットで行った。

基礎実験では造影剤 iopamidol 370 mgI/ml を 2 倍希釈して満した円柱腔ファントムを, イメージ・インテンシファイア面に平行でブラウン管画面の走査線に対して 90°, 60°, 45°, 30°, 0° の方向に置き, シネと DSA で同時収集した (Fig. 2)。各種円柱腔のうち 4 mm に対して 2 mm, 3 mm に対して 1.5 mm を, それぞれ 50% 狭窄の円柱腔として計測した。シネでは観察機 (Van-

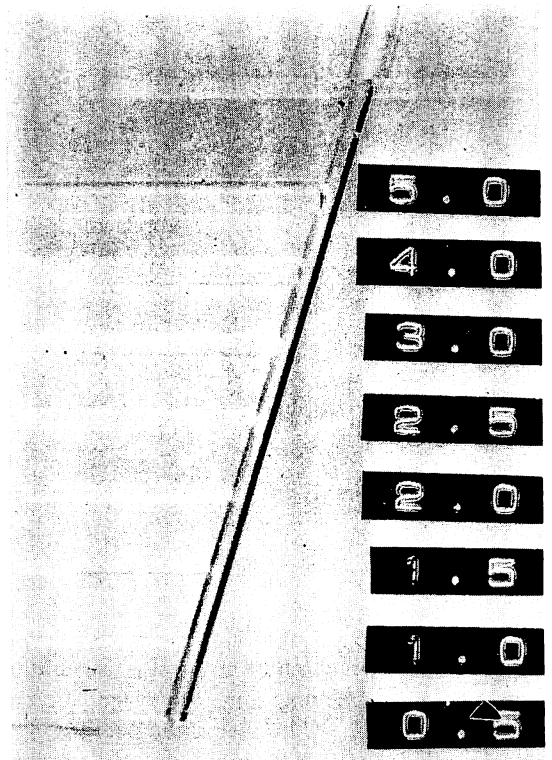
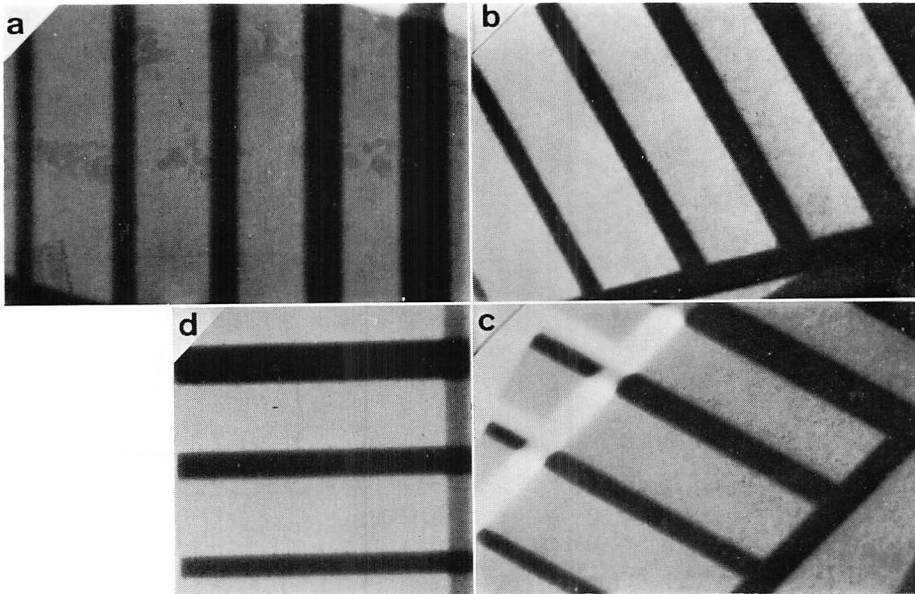


Fig. 1. Phantom.

An acrylic block with 8 cylindrical holes of 0.5~5.0 mm in diameter is filled with diluted contrast media. Cine angiogram and DSA are simultaneously radiographed.

guard XR-35) 画面上でノギスを用いて計測し, DSA ではブラウン管上にサブトラクション画像をシネ観察画像と等倍に拡大し, シネ計測部位と同一部位の profile curve を同一画面上に求め, サブトラクション画像を参考にして, profile curve 上にマークして計測した (Fig. 3)。

臨床例では iopamidol 370 mgI/ml の造影剤を用いデジタルサブトラクション冠動脈造影にはカルディアックサブトラクション法を用いた。この方法は, 每秒 30 フレームで冠動脈造影を行う際に心電図を同時に収集しておき, 心電図上の同一位相のマスク像とライブ像を, 1 対 1 で連続的に差分 (サブトラクト) するものである<sup>3)</sup>。DSA



**Fig. 2. Radiographs of phantom.**

The longitudinal axes of the holes in the phantom are set at various angles to the scanning lines of cathode ray tube (CRT), and radiographed.

a: 90°, b: 60°, c: 30°, d: 0°.

画像をブラウン管上にシネ観察画像と等倍および10倍に拡大したものを半自動計測したものと、DSAのネガ像とポジ像をシネ観察画像と等倍にハードコピーして用手計測したものとについて、それぞれの狭窄率を算出し、これを観察機画面上でシネ画像を用手計測して算出した結果と比較した。いずれもシネとDSAの計測は同一部位で行なった。また、造影血管の辺縁の認知を容易にするために、ハイパスフィルターで処理し、同様に検討した。狭窄率は、一般には狭窄部位の径を狭窄部位の前後の径の平均値で徐す3点法(Fig. 4a)で求めたが、狭窄部位が血管の分岐直前、あるいは分岐血管の起始部にある場合には、狭窄部の直前あるいは直後の径で狭窄部位の径を徐す2点法(Fig. 4b)で求めた。

体長軸方向撮影像では、DSA後処理時にウィンドウレベルとウィンドウ幅を調整して血管の画像を強調し、これとシネ画像とを比較した。

## 結 果

狭窄率に関して、ファントム実験では、0°, 4 mmが実際値に対して1%の危険率で有意差ありと示された(Table 1)。その他の角度での計測値には、実際値に対して有意差は認められなかった。臨床例での11症例20箇所狭窄部についての検討では、DSAとシネの狭窄率の相関係数および回帰直線は、ブラウン管上、シネと等倍像で  $r=0.95$ ,  $Y=0.96X+2.36$ , 10倍拡大像で  $r=0.96$ ,  $Y=0.83X+5.60$ , ハードコピー上ネガ像で  $r=0.97$ ,  $Y=0.97X+0.42$ , ポジ像で  $r=0.97$ ,  $Y=0.98X-0.03$  で、いずれの像もシネ計測値と非常に良く相関した(Fig. 5)。ハイパスフィルター処理像の狭窄率とシネ画像の狭窄率との比較では、その相関係数と回帰直線は、 $r=0.82$ ,  $Y=0.82X+7.00$  で、フィルター処理していないものに比し、相関係数、回帰直線ともに不良という結果を得た。

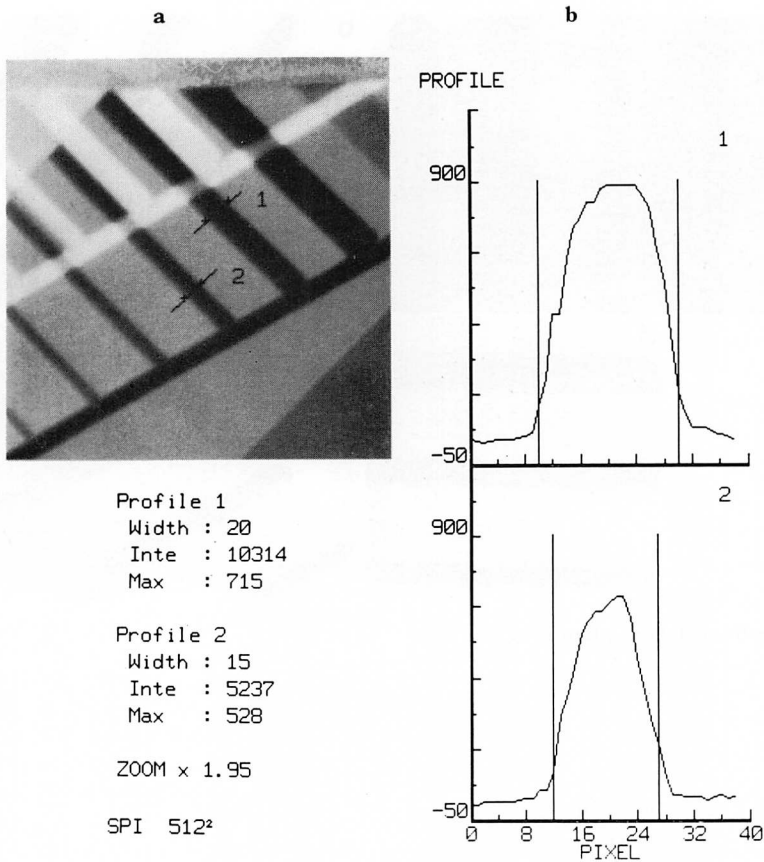


Fig. 3. Semiautomatic measurements of the phantom.  
a. 1 and 2: measuring portions of columns of contrast media.  
b. densitometric profile curves at portions 1 and 2.

(Fig. 6).

体長軸方向撮影時に同時収集したシネ画像と DSA 画像の比較では, シネ画像では, 肺野の影響により, 肝に重なる部分は条件不足で診断不能となることが多いが, DSA 画像では左右冠動脈ともに肺野の影響に関係なく, 末梢まで良く描出された (Fig. 7).

考 按

2種類の画像を比較検討する場合, その収集条件が等質なほど, 正確な比較が出来る<sup>4)</sup>. 今回我々が行なった冠動脈狭窄度の比較検討では, 両者

の撮影方向, 撮影条件, 造影剤注入条件は完全に等しく, 画像収集時の等質性は問題がない. DSA 画像精度の向上はめざましく, 動脈内造影剤注入 DSA を選択的冠動脈造影に用いた報告は多数あるが, いまだに造影血管の狭窄率の計測は手動または半自動の域を越えるのに困難がある. これは今回, 我々がファントムや虚血性心疾患症例での検討で, シネと DSA は良く相関はしたが, サブトラクション画像のみ, または profile curve のみでは, 像の重なりなどのバックグラウンドが障害となり, 計測が困難な例があったことから明らかである. 血管径決定のための適当なフィルター

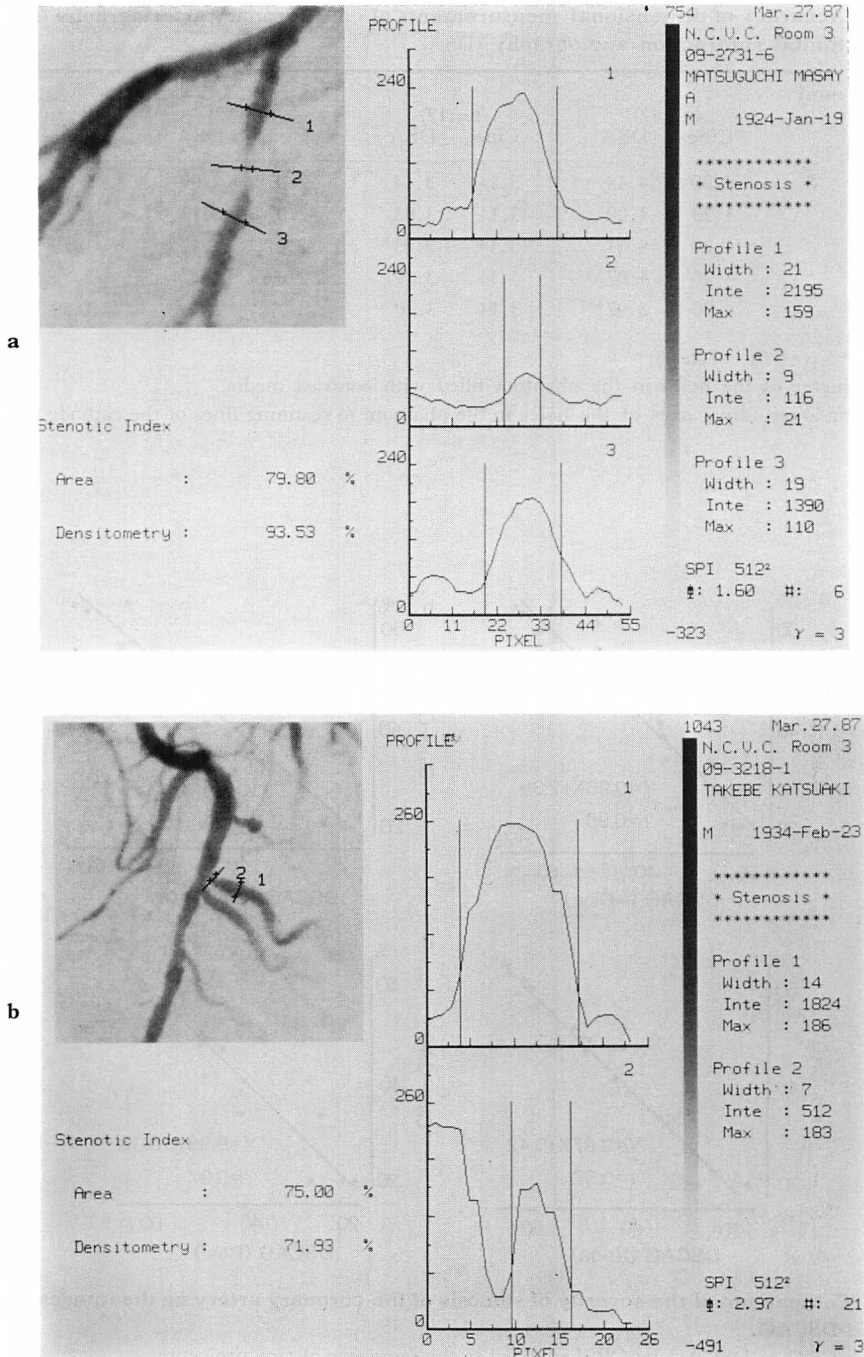


Fig. 4. Method of measuring the severity of stenosis of the coronary lesion.

a: three-point method, b: two-point method.

1.3: normal region, 2.: stenotic region.

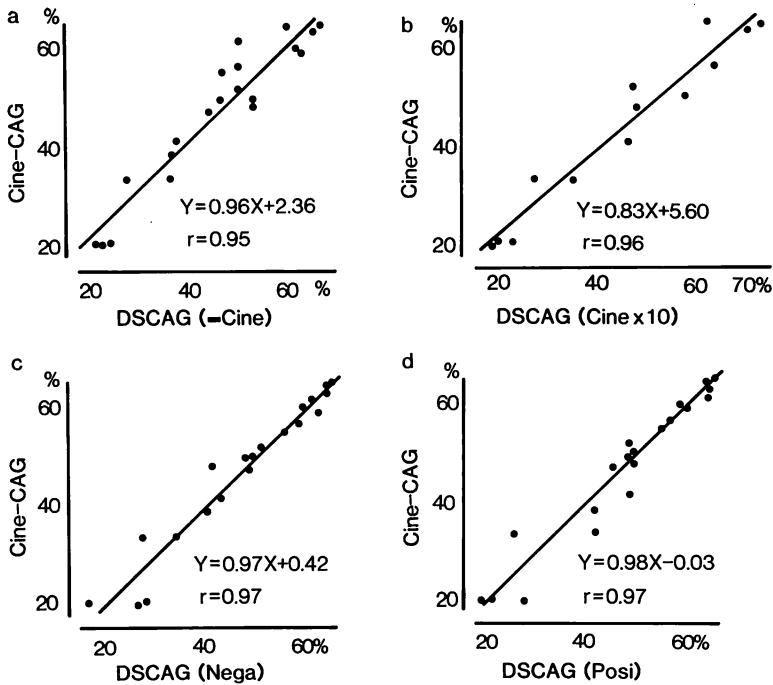
**Table 1. Accuracy of dimensional measurements of cine coronary arteriography (cine) and digital subtraction angiography (DSA)**

Angle	4 (n=12)		3 (n=12)		2 (n=12)		1.5 (n=12)	
	Cine	DSA	Cine	DSA	Cine	DSA	Cine	DSA
90°	4.20	4.14	3.14	3.14	2.07	2.09	1.59	1.64
60°	4.20	4.09	3.14	3.03	2.07	2.12	1.59	1.62
45°	4.20	4.11	3.14	3.03*	2.07	2.12	1.59	1.55
30°	4.20	4.07	3.14	3.17	2.07	2.17*	1.59	1.63
0°	4.20	3.97**	3.14	3.10	2.07	2.00	1.59	1.53

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , (T-test)

Diameter: diameter of the holes in the phantom filled with contrast media.

Angle: angle of longitudinal axes of the holes in the phantom to scanning lines of the cathode ray tube (CRT).



**Fig. 5. Comparison of the severity of stenosis of the coronary artery on the images of Cine-CAG and DSCAG.**

- a: Cine-CAG to DSCAG on CRT adjusted to the same size of cine projection.
- b: Cine-CAG to DSCAG on CRT enlarged 10 times to the size of cine projection.
- c: Cine-CAG to DSCAG on negative hard copy adjusted to the same size of cine projection.
- d: Cine-CAG to DSCAG on positive hard copy adjusted to the same size of cine projection.

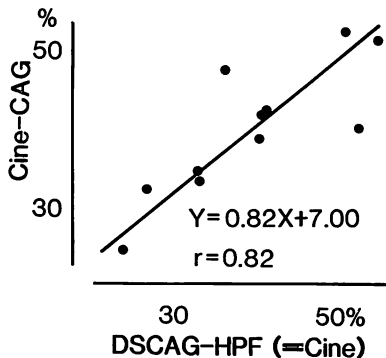


Fig. 6. Comparison of coronary artery stenosis between Cine-CAG and DSCAG enhanced with high-pass filtering.

The regression line and correlation coefficient are degraded, as compared with those of the unenhanced processing.

の開発, および, 閾値, ガウス関数に例えるならば適当な標準偏差値の決定が急がれる。浜田ら<sup>5)</sup>, 菅原ら<sup>6)</sup>は, シネでのファントム実験でガウス関数を profile curve に外挿し, 標準偏差値 1.2 が, 管電圧や画像濃度に影響されずに, ファントムの径と良く相関したと述べている。しかし, 理論的には 10 pixel, 変動係数が 5% で, 一般に冠動脈造影に使用されているイメージ・インテンシファイアーの口径は 5~7 インチなので, X 線管球と被写体およびイメージ・インテンシファイアーの距離を考慮すると, 10 pixel は 2 mm 前後の冠動脈の径に相当し,  $\pm 0.2$  mm の誤差を有することになる。我々のファントム実験ではブラウン管走査線と平行に置いた 4 mm 径の血管模擬円柱が, 実測値と有意な差を示した。これは円柱腔が走査線と同一方向であるために, 実画像では階段状の濃度変化を呈し, 濃度曲線が階段状曲線を示し, 1 pixel 少な目に計測したためである (Fig. 8)。また血管の濃度の profile curve の積分値を利用する densitometry 法も狭窄率の測定に用いられているが, 我々の検討では相関係数 0.82 程度の関係しかえられず, バックグラウンド処理, 散乱線, 線質硬化, ベイリンググレア等を除去する方法の開

発が必要である。極く最近, 散乱線除去フィルターが開発され, 最低でも 60% 以上の散乱線カットが可能となったので, densitometry 法の精度は従来より向上する可能性がある<sup>7)</sup>。

## 結 語

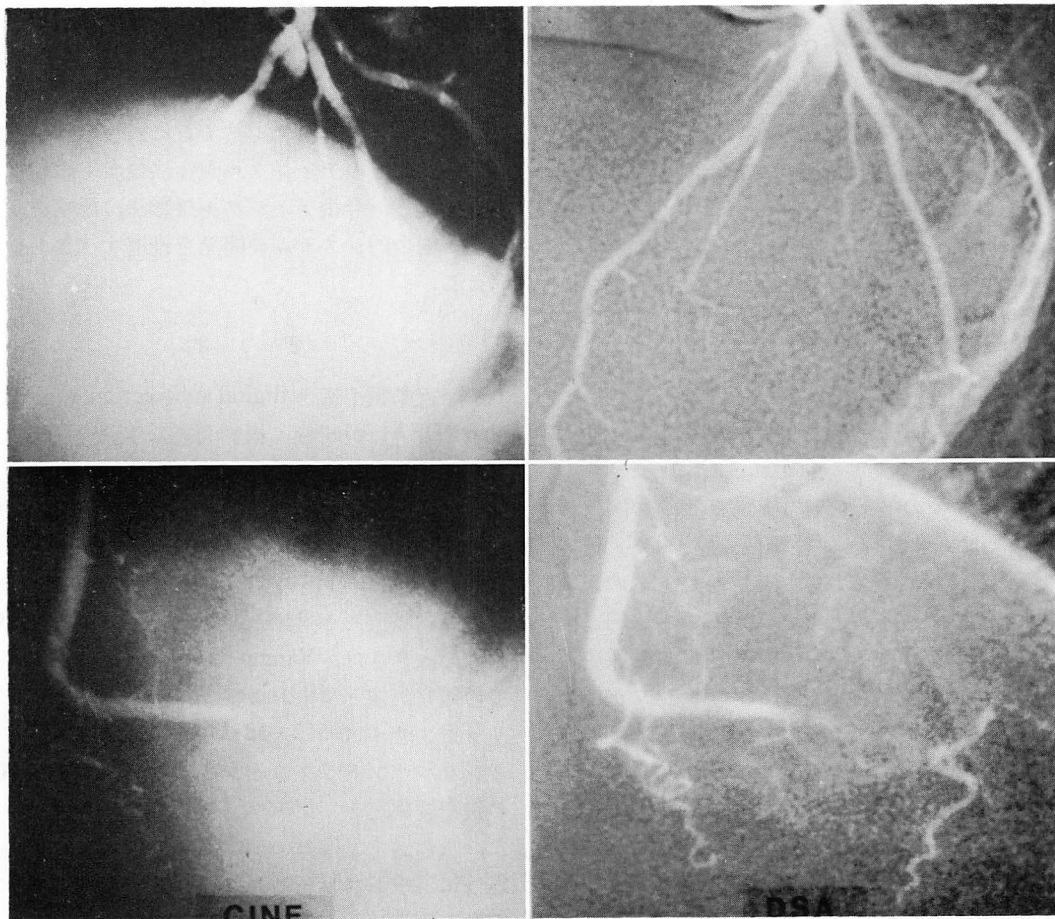
デジタルサブトラクション冠動脈造影の狭窄率の診断能はシネ冠動脈造影のそれと極めて接近しており, しかもリアルタイムに血管の画像強調が出来るなどのデジタル画像法の多くの利点を考慮すると, 今後デジタル撮影法, 観察法, 保管法の総合的システムの開発を推進すべきものと考ええる。

## 要 約

シネ冠動脈造影と digital subtraction angiography (DSA) が同時に撮影可能な装置を用いて, 冠動脈狭窄度の判定に際しての DSA の信頼性および簡便化, 体長軸方向撮影時に肝と重なる冠動脈の診断能について検討した。狭窄度判定には虚血性心疾患 11 症例の 20 箇所狭窄部を用いた。シネ冠動脈造影と対比したブラウン管上の DSA 画像の大きさは, Vanguard シネプロジェクターでの観察画像と等倍および 10 倍像とした。マトリックスサイズ 512×521, 階調が 8 ビットのデジタルサブトラクション冠動脈造影 (DSCAG) の狭窄度判定を, ブラウン管上で半自動的に行った。また, ネガ像およびポジ像をシネ観察画像と等倍にハードコピーした DSCAG 画像も, シネ画像と比較した。

DSCAG の狭窄度とシネ冠動脈造影の狭窄度との相関係数は, ブラウン管上, 等倍像は 0.95, 同じく 10 倍像は 0.96, ハードコピー上, ネガ像およびポジ像はともに 0.97 であった。ブラウン管上で半自動計測では 10 倍画像が, ハードコピーでの手動計測ではネガ像・ポジ像ともに, シネ画像による計測と非常に良く相関した。

体長軸方向撮影時の診断能の査定には, 左前斜位 60°+尾頭方向 25°~30° で造影した 10 例の左



**Fig. 7. Cranial projection of the right coronary artery and the left coronary artery of Cine-CAG and DSCAG.**

The coronary arteries superimposed on the liver are less precisely imaged on cine CAG (left), but are clearly visualized on DSA (right).



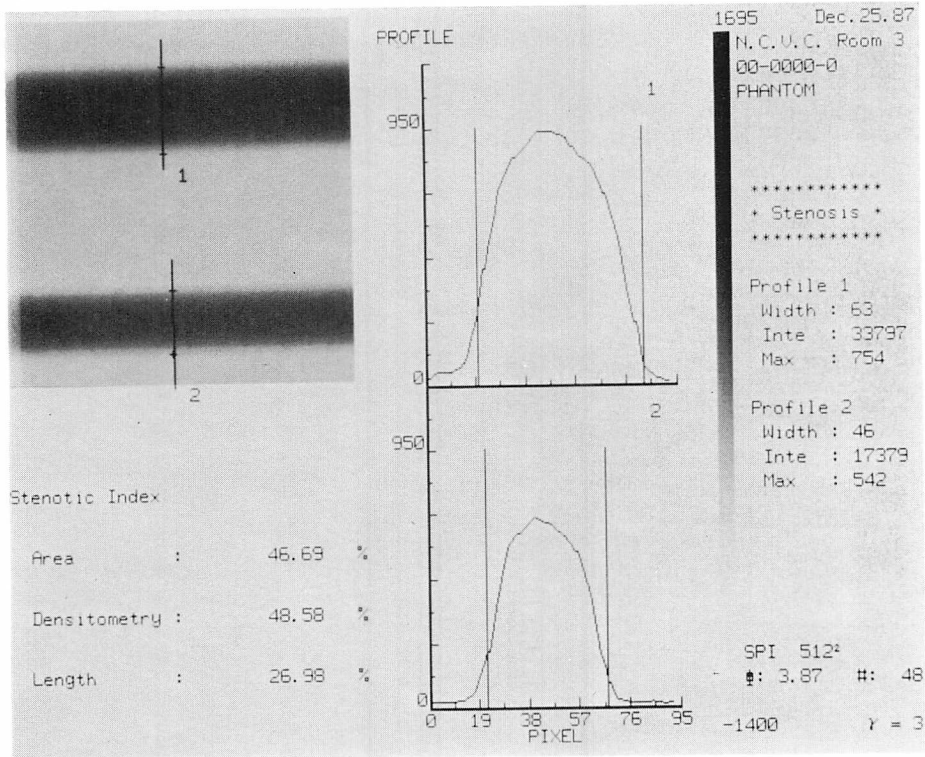


Fig. 8. Radiographs of phantom, positioned parallel to the scanning lines of CRT and its densitometric profile curves.

Density of the contrast columns and their profile curves are step-wise, therefore recognition of the contour and the measurement of the diameter becomes inaccurate.

冠動脈造影と、11例の右冠動脈造影を用いた。DSCAGはシネに比べて肺野の影響がなく、しかも、後処理時に、ウインドレベルやウインド幅を変えることにより画質を調整することができ、シネに比べ、診断的により有用であった。

文 献

- 1) 松永尚文, 本保善一郎: 冠動脈の digital subtraction angiography. 日独医報 28: 336-350, 1984
- 2) 高宮 誠: DSAの進歩: デジタル冠動脈造影法. 医学のあゆみ 142: 12-15, 1987
- 3) 太田光重: Digital subtraction angiographyの臨床経験(第三報). メディカルレビュー 11: 65-72, 1987
- 4) Tobis J, Nalcioglu O, Iseri L, Johnston WD, Roeck W, Castleman EE, Bauer B, Montelli S, Henry WL: Detection and quantitation of coronary artery stenoses from digital subtraction angiograms compared with 35-millimeter film cine-angiograms. Am J Cardiol 54: 489-496, 1984
- 5) 浜田星紀, 菅原徹雄, 高宮誠, 高淵雅広: X線映画法による冠動脈計測法, 管径計測誤差補正について. 日本医放会誌 46: 臨増号 86, 1986(抄)
- 6) 菅原徹雄, 浜田星紀, 高宮 誠, 高淵雅広: X線映画法を用いた血管径計測法の精度. 脈管学 26: 1014, 1986(抄)
- 7) Honda M, Ema T, Komatsu K: Correction of scattered X-ray by adaptive filtering. Radiology Scientific Program 161: 187, 1986(abstr)