

Title	冠動脈造影の画像処理-狭窄性変化自動検出法の精度-
Author(s)	菅原, 徹雄; 木村, 晃二; 前田, 宏文
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1990, 50(5), p. 533-538
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17999">https://hdl.handle.net/11094/17999</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 冠動脈造影の画像処理

—狭窄性変化自動検出法の精度—

国立循環器病センター研究所放射線医学部

菅原 徹 雄

国立循環器病センター放射線診断部

木村 晃 二

大分医科大学放射線科

前田 宏 文

（平成元年9月18日受付）

（平成元年10月20日最終原稿受付）

### Accuracy of Detecting Stenotic Changes on Coronary Cineangiograms Using Computer Image Processing

Tetsuo Sugahara, Koji Kimura\* and Hirofumi Maeda\*\*

Department of Radiology, National Cardiovascular Center Research Institute

\*National Cardiovascular Center

\*\*Department of Radiology, Oita Medical College

---

Research Code No. : 208.1

---

Key Words : Coronary artery, Cineangiogram, Stenosis,  
Computer image processing

---

To accurately interpret stenotic changes on coronary cineangiograms, an automatic method of detecting stenotic lesion using computer image processing was developed. First, tracing of artery was performed. The vessel edges were then determined by unilateral Gaussian fitting. The stenotic change was detected on the basis of the reference diameter estimated by Hough transformation. This method was evaluated in 132 segments of 27 arteries in 18 patients. Three observers carried out visual interpretation and computer-aided interpretation. The rate of detection by visual interpretation was 6.1, 28.8 and 20.5%, and by computer-aided interpretation, 39.4, 39.4 and 45.5%. With computer-aided interpretation, the agreement between any two observers on lesions and non-lesions was 40.2% and 59.8%, respectively. Therefore, visual interpretation tended to underestimate the stenotic changes on coronary cineangiograms. We think that computer-aided interpretation increase the reliability of diagnosis on coronary cineangiograms.

#### はじめに

従来より冠動脈造影(CAG)の読影法は、医師の視覚により読影が行われて来ている。この視覚による読影法では interobserver および intraobserver において判読の変動があることが報告<sup>1)~4)</sup>されている。また虚血性心疾患における CAG の

読影所見と摘出冠動脈の所見との対比の報告<sup>5)~9)</sup>において、その判読に不一致が見られ、その多くの原因は観察者の過小評価であるとされている。さらに臨床診断の立場から Fisher ら<sup>10)</sup>は、観察者2人が CAG, 870例の読影診断をつけた時、診断の一致率は72.1%であると報告している。そして

読影に際しては観察者が病変を過小あるいは過大評価を行うことにより、目視による読影の限界が指摘されている。

この問題を解決するため CAG の狭窄部に対して計算機による管径計測<sup>11)~14)</sup>または electronic caliper<sup>15)</sup>による管径計測が行われ狭窄部評価の信頼性は高くなって来た。Vas ら<sup>16)</sup>および Katblis ら<sup>17)</sup>は、計算機による画像計測と目視による判読法との比較を行い、目視による判読法では評価の変動が大きだけでなく、強度の狭窄においては過大評価、軽度の狭窄は過小評価していることを明かにし、計算機による管径計測の必要性を報告している。

狭窄部評価に関する現在までの報告では、信頼性および再現性の上から次の2点で大きな課題を残していると我々は考えている。第一に狭窄の検出あるいは認識は観察者の目視により判読が行われており客観性に乏しい。さらに第二点として狭窄部評価における狭窄部の血管径および狭窄の評価を行うための参考血管径の決定が、観察者の主観により行われている。これらの課題を解決するため我々は CAG の計算機画像処理を行い、冠動脈の狭窄性変化を自動検出を行う方法の開発を行った<sup>18)</sup>。本研究においては我々が開発した狭窄部自動検出法の精度を調べるために目視による読影法と比較検討を行ったので報告する。

### 対 象

対象は狭心症が疑われ冠動脈造影が施行された者の内、院内報告において25%以下の狭窄しかないと考えられた男性8名、女性10名、合計18名を対象とした。画像処理の対象画像は、右冠動脈造影は左前斜位像、左冠動脈造影は右前斜位または右前斜位+Caudal像を用いた。

### 方 法

画像入力装置として濃淡階調8ビットのシネ・ビデオ変換機(池上社製)、画素数512×480、濃淡階調8ビットの画像処理装置(Nexus 6400)およびパーソナルコンピュータ(PC-9801)を用いてシネフィルムの画像入力を行い、画像処理および管径計測を行った。この時の入力画像の分解能はシネフィルムに対して30 $\mu$ m/pixelに設定して画像

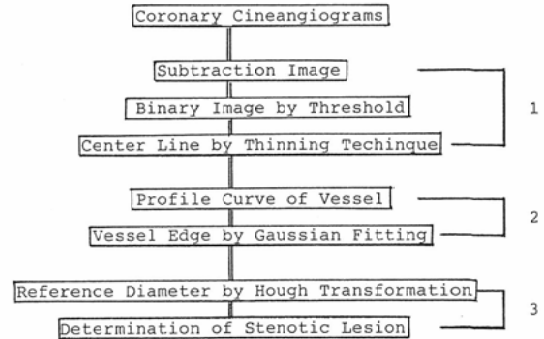


Fig. 1 Flow chart for detection of stenosis.

処理に最適のライブ像とマスク像の入力を行った。

画像処理過程を Fig. 1 に示した<sup>18)</sup>。画像処理の第一番目の過程は、サブトラクション像に閾値を用いて二値化像を作成した。この画像に細線化手法を用い細線化像すなわち中心線を求めた。中心線は狭窄部の検出評価のために分枝間毎に分割を行い、狭窄検出評価の一区間とした。第二番目の過程は、求められた中心線に直交する濃度断面より血管の profile curve を求め、この profile curve の各々の勾配にガウス関数近似を行い血管辺縁の決定を行った<sup>19)</sup>。第三番目の過程は、求められた管径に対して Hough 変換<sup>20)</sup>を行い狭窄の評価を行うための参考血管径の決定(正常血管径の推定)を行った。Hough 変換は画像における直線分節を抽出する方法である。今回は血管の長軸を X 軸、径を y 軸に置いた時に求められる頻度の一番高い直線部を参考血管径として求めた。この後に参考血管径以下の血管径を狭窄部として狭窄の検出を行った。画像処理における狭窄の判定は10%以上の狭窄がある所を狭窄部と判定した。この画像処理の結果を Fig. 2b に示した。

目視による読影は心血管造影医として5~15年以上の経験者をもつ3名を観察者として用いた。観察者の読影は、画像処理を行ったのと同じ冠動脈造影シリーズのシネフィルムを対象として読影を行った。観察者による一回目の読影は CAG だけで狭窄部の判読を行った。二回目の読影は一回目の読影より1カ月以上の期間があいた後に、画像処理により検出された狭窄を参考にして CAG

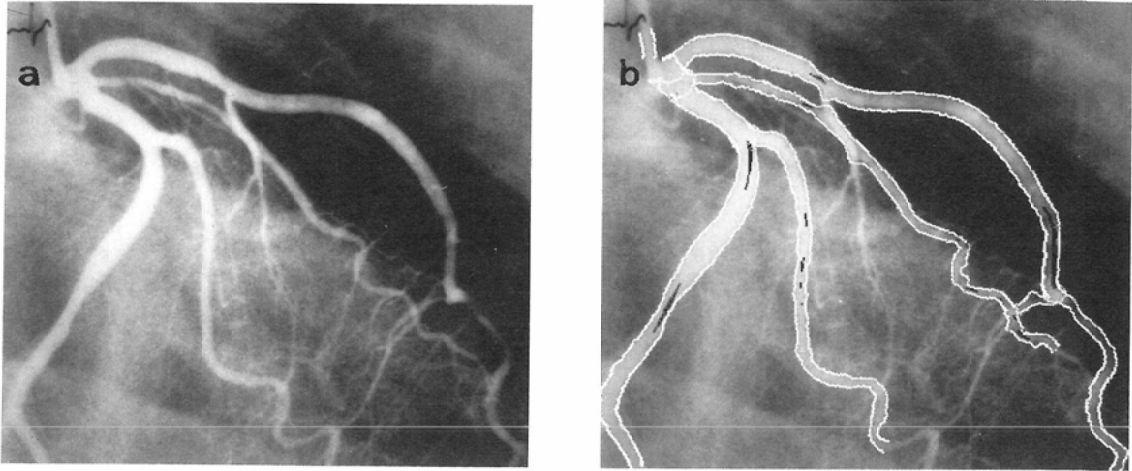


Fig. 2 A, the left coronary cineangiogram in right anterior oblique view. B, the image is overlaid data after computer image processing. White lines indicate vessel edges obtained by a Gaussian fit. Black lines indicate more than 10% diameter stenosis.

の読影を行った。狭窄の判読は狭窄有り、狭窄無し二段階の判別とした。判読時に観察者が狭窄を疑った場合は狭窄無とした。この時の各々の観察者における狭窄性変化の検出率および観察者間における狭窄性変化の検出個所の一致率を求めた。

### 結 果

画像処理ができたものは右冠動脈造影が18例中10例、左冠動脈造影が18例中17例であった。画像計測および狭窄の検出評価ができた冠動脈の区間は、AHAの区間分類において合計132区間であった。冠動脈造影の画像処理により検出された血管の狭窄性変化は132区間中75区間56.8%であった。観察者3人の読影結果をTable 1に示した。一回目の冠動脈造影だけで3人の観察者が読影をした場合、狭窄性変化検出率は6.1%から

Table 1 The rate of lesion identification by three observers

Observer	Visual	Computer-Aided
A	8(6.1%)	52(39.4%)
B	38(28.8%)	52(39.4%)
C	27(20.5%)	60(45.5%)

n=132 segments.

28.8%で、その差は22.7%と検出率に大きなばらつきが見られた。しかし二回目の画像処理により検出された狭窄を参考にして冠動脈造影像を読影した場合の狭窄性変化検出率は、39.4%から43.5%であり、一回目の読影の検出率よりも明らかに高くなった。また観察者間の狭窄性変化検出率の差は明らかに小さかった。

二回目の読影において3人の観察者と画像処理によって検出された狭窄性変化との一致率および不一致の原因をTable 2に示した。観察者3人共

Table 2 The rate of agreement to the computer interpretation by three observers and the causes of disagreement

	All Three	Two or Three
Agreement	98(74.2%)	132(100%)
Lesion	43(32.6%)	53(40.2%)
Non Lesion	55(41.6%)	79(59.8%)
Disagreement	34(25.8%)	
Lesion*	32(24.3%)	
Kinking	6	
Small Vessel	9	
Poor Condition	9	
Overlap	8	
Non Lesion*	2(1.5%)	

\*Computer interpretation.

の一致率は狭窄有り32.6%、狭窄無し41.6%、合計74.2%の一致率であった。観察者2人以上の狭窄性変化検出個所の一致率は、狭窄有り40.2%、狭窄無し59.8%であった。不一致率は25.8%でその内、画像処理により狭窄性変化と判定した部位は24.3%32区間であった。観察者が狭窄性変化と判定しなかった理由の内訳は、血管径が小さすぎたもの、あるいは血管の屈曲蛇行により計算機が計測を失敗したと考えたものが15区間(7.6%)であった。撮影条件不良が原因と考えたもの9区間で、このほとんどが前下行枝あるいは対角枝であった。血管の重なりが原因と考えたものは8区間で、このほとんどは前下行枝との重なりであった。右冠動脈造影では画像処理による判定の過大、過小評価はなかった。画像処理により検出できなかった狭窄部は2区間あった。この部位の1つは血管径は十分に太かったにもかかわらず正常血管径の推定が異なった所を示したためであった。残りの1つは血管径が小さくかつ血管蛇行の内に狭窄があったため検出できなかった。

### 考 案

冠動脈造影の読影は、観察者の先入観、心理的な変動あるいは読影能力差が原因で、狭窄を過小あるいは過大評価することが数多く報告<sup>1)~10)</sup>で明らかにされている。この問題を解決するために我々は冠動脈狭窄の自動検出評価方法の開発を行った<sup>18)19)</sup>。本研究では我々が開発した狭窄自動検出法の精度を調べるために目視による読影法との比較検討を行った。そして画像処理および目視による読影の問題点を明らかにした。

本法の検出精度を調べるために我々は冠動脈造影において冠動脈狭窄25%以下の軽度の狭窄症例を検討対象として用いた。この理由は、目視による読影よりも画像処理による狭窄の検出のほうが検出率が良いという仮定のもとに行った。すなわち25%以上の狭窄では目視により狭窄が明かに判読できるために、検出精度の比較が充分にできないと考え、25%以下の狭窄症例を用いた。また画像処理による狭窄の判定を10%以上の狭窄とした理由は、管径計測誤差および正常血管径の推定時に誤差が含まれるためである。

読影の結果において冠動脈造影単独で観察者が読影をした場合、観察者Aの狭窄性変化検出率6.1%と他の2者の検出率と明らかに異なった値になった。これは本研究の主旨を観察者に説明したにもかかわらず、観察者各々が持つ経験および先入観が有意に働いたために観察者の間で検出率に大きなばらつきが見られたと考えた。しかし画像処理によって検出された狭窄性変化を参考にした読影においては、3人の観察者は共に検出率は向上し、また3者間の検出率のばらつきは減少した。また3人中2ないし3人の狭窄性変化検出個所の一致率は40.2%であった。すなわち画像処理により検出された狭窄を参考にして冠動脈造影を読影した場合、観察者は冠動脈造影単独での読影よりも、より多くの血管変化を検出することが可能になった。このことは冠動脈造影だけの読影では観察者が狭窄性変化の存在を明らかに過小評価していたことになる。この過小評価の原因は3点考えられた。第一に冠動脈造影を映画法として動的観察を行ったため小さな血管変化が認識できなかったこと、第二に臨床において問題とならない小さい血管変化は無視する傾向が強いこと、第三に狭窄評価のための参考血管径推定を視覚的に行うために参考血管を錯覚してしまうことが原因と考えられた。このような原因をなくすためにも本法を用いて読影を行う必要があると考えた。

計算機による狭窄部の検出率56.8%と観察者3人中2ないし3人の狭窄性変化検出個所の一致率40.2%との差は16.6%であった。これは計算機が狭窄を過大評価検出していた。この原因はTable 2に示したごとく、どの部位においても画像処理計測を行うには十分な精度が保証されない事柄であり、本法における画像処理計測の限界であると考えられた。また観察者3人共の狭窄性変化検出個所の一致率32.6%と観察者3人中2ないし3人の狭窄性変化個所の一致率40.2%との差は7.6%であった。この問題は単に計算機が過大評価検出していたという問題だけでなく観察者が判読にまよったものが含まれており、心理的な変動および経験の差が問題になると考えている。真値は症例

を摘出して調べなければ明らかにならない。しかし、これらの課題を解決するための臨床上で出来る方法としては、より鮮明なシネフィルムを得るための撮影を行うしかないと考えている。さらには高分解能の画像入力装置を用いて管径計測を行う方法を開発しなければならないと考えている。

現在まで本法のような冠動脈造影読影支援システムの開発の報告はまだない。また本法の管径計測精度<sup>18)</sup>は現在まで報告されている管径計測法の精度<sup>11)~15)</sup>とほぼ同等であり、本システムはその能力を十分に発揮していると考えている。さらに現在まで報告されている冠動脈狭窄部評価の信頼性を高める方法は、計算機を用いた狭窄部の管径計測法<sup>11)~17)</sup>だけである。このことを考えると、本法を用いて観察者が読影することにより狭窄性変化の検出率を明らかに向上させることができ、また interobserver, intraobserver における判読時の変動を減らすことができる非常に有用な方法あり、かつ新しい方法であると我々は考えている。今後の課題としての強度の狭窄についても本法の有用性を検討しなければならないと考えている。

### 結 語

我々は計算機を用いた狭窄性変化自動検出法の開発を行った。そして本法における狭窄部の検出精度を検討するため目視による読影法と比較検討を行った。この結果、本法単独では狭窄性変化を過大に検出しており、また目視による読影法単独では狭窄性変化を過小評価していることが明らかになった。しかし本法が検出した狭窄部を参考にして観察者が読影を行うことにより、観察者の狭窄性変化検出率は向上した。さらに観察者間の検出率の差が減少しかつ一致率は向上した。すなわち本法を冠動脈造影読影支援システムとして用いることは、読影の信頼性を上げることが出来る有用な方法と考えた。

稿を終るにあたり、この研究に御援助御指導頂いた国立循環器病センター研究所放射線医学部柳原圭雄、杉本直三、宇山親雄先生ならびに三木市民病院循環器内科安積孝悦、栗野孝二郎、石戸聡先生に深く感謝します。

### 文 献

1) Detre KM, Wright E, et al: Observer agree-

- ment in evaluating coronary angiogram. *Circulation* 52: 979-986, 1975
- 2) Zir LM, Miller WW, et al: Interobserver variability in coronary angiography. *Circulation* 53: 627-632, 1976
- 3) Derouen TA, Murray JA, et al: Variability in the analysis of coronary arteriograms. *Circulation* 55: 324-328, 1977
- 4) Sanmarco ME, Brooks SH, Blankenhorn DH. Reproducibility of a consensus panel in the interpretation of coronary angiograms. *Am Heart J* 96: 430-437, 1978
- 5) Grondin CM, Dyrda I, et al: Discrepancies between cineangiographic and postmortem findings in patients with coronary artery disease and recent myocardial revascularization. *Circulation* 49: 703-708, 1974
- 6) Schwartz JN, Kong Y, et al: Comparison of angiographic and postmortem findings in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 36: 174-178, 1975
- 7) Galbraith JE, Murphy ML, Soyza N: Coronary angiogram interpretation, interobserver variability. *JAMA* 19: 2053-2056, 1978
- 8) Arnett ER, Isner JM, et al: Coronary artery narrowing in coronary heart disease: Comparison of cineangiographic and necropsy findings. *Ann Internal Med* 91: 350-356, 1979
- 9) Trask N, Califf RM, et al: Accuracy and interobserver variability of coronary cineangiography. A comparison with postmortem evaluation. *New Engl J Med* 310: 819-824, 1984
- 10) Fisher LD, Judkins MO, et al: Reproducibility of coronary arteriographic reading in the coronary artery surgery study (CASS). *Cath Cardiovascular Diag* 8: 565-575, 1982
- 11) Brown BG, Bolson E, et al: Quantitative coronary arteriography: Estimation of dimension, hemodynamic resistance, and atheroma mass of coronary artery lesion using the arteriogram and digital computation. *Circulation* 55: 329-335, 1977
- 12) Spears JR, Sandor T, et al: Computerized image analysis for quantitative measurement for vessel diameter from cineangiograms. *Circulation* 68: 452-461, 1983
- 13) Nichols AB, Gabrieli CFO, et al: Quantification of relation coronary arterial stenosis by cinevideodensitometric analysis of coronary arteriograms. *Circulation* 69: 512-522, 1984
- 14) Reiber JHC, Kooijman CJ, et al: Coronary artery dimensions for cineangiograms

- methodology and validation of a computer-assisted analysis procedure. *IEEE Transaction Medical Image MI-3*: 161-141, 1984
- 15) Scoblionko DP, Brown BG, et al: A new digital electronic caliper for measurement of coronary artery stenosis: Comparison with visual estimates and computer-assisted measurements. *Am J Cardiol* 53: 689-693, 1984
  - 16) Vas R, Elgler N, et al: Digital quantification eliminates intraobserver and interobserver variability in the evaluation of coronary artery stenosis. *Am J Cardiol* 56: 718-723, 1985
  - 17) Katritsis D, Lythall DA, et al: Assessment of coronary angioplasty. Comparison of visual assessment, hand-held caliper measurement and automated and digital quantitation. *Cath Cardiovascular Diag* 15: 237-242, 1988
  - 18) Sugahara T, Maeda H, Yanagihara Y: Automatic detection method of stenotic lesion in coronary cineangiograms. *Int J Cardiac Imaging* 5: 17-23, 1989
  - 19) Sugahara T, Maeda H, et al: Measurement of distensibility of blood vessels using cineangiograms. *Invest Radiology* 24: 672-677, 1989
  - 20) Dude RO, Hart PE: Use of hough transformation to detect lines and curves in pictures. *CACM* 15: 11-15, 1972
-